

TUGAS AKHIR - RG 141536

ANALISIS BENCANA LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TUBAN MELALUI PENGOLAHAN CITRA SATELIT MULTILEVEL UNTUK PEMBUATAN PETA POTENSI LONGSOR

**CITRA PRASTIKA
NRP 3513 100 048**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.**

**Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2017**



TUGAS AKHIR - RG 141536

ANALISIS BENCANA LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TUBAN MELALUI PENGOLAHAN CITRA SATELIT MULTILEVEL UNTUK PEMBUATAN PETA POTENSI LONGSOR

**CITRA PRASTIKA
NRP 3513 100 048**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.**

**Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATED THESIS - RG 141536

***LANDSLIDE HAZARD ANALYSIS IN TUBAN
REGENCY USING MULTILEVEL SATELLITE
IMAGERY PROCESSING FOR LANDSLIDE
POTENTIAL MAPPING***

***CITRA PRASTIKA
NRP 3513 100 048***

***Supervisor
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.***

***GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2017***

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS BENCANA LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TUBAN MELALUI PENGOLAHAN CITRA SATELIT MULTILEVEL UNTUK PEMBUATAN PETA POTENSI LONGSOR

Nama : Citra Prastika
NRP : 3513 100 048
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.

ABSTRAK

Longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Efek tanah longsor terhadap manusia dan bangunan dapat dikurangi dengan cara menghindari daerah rawan, menyiarkan larangan, atau dengan menerapkan standar keselamatan saat berada di daerah tersebut. Oleh karena itu, tujuan dalam tugas akhir ini yaitu untuk mengetahui potensi/risiko longsor yang berperan dalam mitigasi bencana longsor di Kabupaten Tuban.

Daerah rawan bencana longsor dapat diidentifikasi dengan menggunakan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan peta daerah rawan bencana longsor dengan menggunakan beberapa parameter penyebab tanah longsor diantaranya curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan tutupan lahan. Parameter tersebut akan diolah dan dianalisa serta akan diperkuat dengan menggunakan data penginderaan jauh yakni citra satelit resolusi menengah Landsat 8, citra satelit resolusi tinggi SPOT dan citra satelit resolusi sangat tinggi Quickbird.

Hasil yang didapatkan berupa peta kerawanan longsor yang terbagi dalam 5 kelas kerawanan yakni kerawanan sangat rendah, kerawanan rendah, kerawanan sedang, kerawanan tinggi, dan

kerawanan sangat tinggi yang menempatkan Kabupaten Tuban didominasi oleh tingkat kerawanan sedang dengan luas 99.519,9 ha, sedangkan untuk tingkat kerawanan sangat tinggi hanya seluas 268,537 ha.

Kata Kunci: Kabupaten Tuban, Penginderaan Jauh, Satelit Landsat 8, Satelit SPOT, Satelit Quickbird, Sistem Informasi Geografis, Tanah Longsor

LANDSLIDE HAZARD ANALYSIS IN TUBAN REGENCY USING MULTILEVEL SATELLITE IMAGERY PROCESSING FOR LANDSLIDE POTENTIAL MAPPING

Name : Citra Prastika
NRP : 3513 100 048
Department : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.

ABSTRACT

Landslide is a kind of land or rock movement, come from a place that has a higher slope as a consequence from disturbed land stability. Landslide can cause huge damage around us, but there's so many ways that can decrease landslide risk for example to keep away from landslide area, spread a warning around the people, and apply safety standar when entering a landslide area. This research have purpose to know landslide potential that influence at mitigation strategy in Tuban Regency.

Landslide area can be identified using remote senssing dan geographic information system data. This research result is landslide potential map based on land characteristic, rainfall, slope, and landuse. That four parameters pass by an analysis processing an will be sure by remote senssing data that is medium resolution satellite imagery of Landsat 8, high resolution satellite imagery of SPOT, and very high resolution satellite imagery of Quickbird.

This research result is a map of landslide susceptibility that place Tuban Regency in 5 classification of it, where Tuban Regency domination in low stage of susceptibility with 106.618 ha, and for very high of susceptibility with 175,5 ha of areas.

Keywords : Geographic Information System, Landsat 8 Satellite, Quickbird Satellite, Remote Senssing, SPOT Satellite, Tuban Regency.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS BENCANA LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TUBAN MELALUI PENGOLAHAN CITRA SATELIT MULTILEVEL UNTUK PEMBUATAN PETA POTENSI LONGSOR

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

CITRA PRASTIKA
NRP. 3513 100 048

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.
NIP. 19530527 198303 1 001



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Allah SWT atas nikmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul:

“ANALISIS BENCANA LONGSOR LAHAN DI KABUPATEN TUBAN MELALUI PENGOLAHAN CITRA SATELIT MULTILEVEL UNTUK PEMBUATAN PETA POTENSI LONGSOR”

Laporan tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan tahap Strata I pada Jurusan Teknik Geomatika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak dan Ibu atas doa, dukungan, semangat, kasih sayang dan pengorbanannya selama ini.
2. Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan kepada penulis.
3. Bapak Ibu Dosen Teknik Geomatika atas bimbingan, ilmu yang diajarkan selama ini dan Bapak dan Ibu Tata Usaha, serta seluruh staff dan karyawan Teknik Geomatika yang telah membantu kelancaran proses akademis.
4. Teman-teman Jurusan Teknik Geomatika angkatan 2013 atas bantuan dan kerjasama selama kuliah dan pada saat penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata, Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kemudahan dalam aktifitasnya kepada semua pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Besar harapan penulis tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi pembaca. Sekian dan terima kasih

Surabaya, Juli 2017

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
LEMBAR PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kabupaten Tuban	5
2.2 Gerakan Tanah	6
2.3 Sifat Fisik dan Mekanika Tanah.....	7
2.3.1 Tekstur Tanah	7
2.3.2 Kadar Air Tanah	10
2.4 Risiko Bencana.....	10
2.5 Penginderaan Jauh.....	11
2.5.1 Definisi Penginderaan Jauh.....	11
2.5.2 Teknik Penginderaan Jauh	12
2.6 Satelit Landsat	14
2.7 Citra Satelit SPOT6.....	15
2.8 Satelit QuickBird.....	17
2.9 Pengolahan Citra Digital	19
2.9.1 Koreksi Radiometrik.....	19
2.9.2 Koreksi Geometrik.....	20
2.9.3 Klasifikasi Citra	22

2.10	Orthorektifikasi	24
2.11	Bentuk Jaring Kontrol Geodesi Horizontal	25
2.12	Kekuatan Jaring/ <i>Strength of Figure</i> (SOF).....	27
2.13	Penentuan Posisi Menggunakan GPS	28
2.14	Ground Control Point (GCP) dan Independent Check Point (ICP)	30
2.15.1	Ground Control Point (GCP)	30
2.15.2	Independent Check Point (ICP)	31
2.15	Uji Ketelitian Peta.....	33
2.16	Reklasifikasi, Skoring dan Pembobotan	35
2.17.1	Reklasifikasi.....	35
2.17.2	Skoring.....	35
2.17.3	Pembobotan.....	37
2.17	Overlay	37
2.18	Sistem Informasi Geografis	38
2.19	Penelitian Terdahulu	38
BAB III METODOLOGI.....		43
3.1	Lokasi Penelitian	43
3.2	Data dan Peralatan	43
3.2.1	Data	43
3.2.2	Peralatan.....	44
3.3	Metodologi Penelitian.....	45
BAB IV HASIL DAN ANALISA		53
4.1	Citra Terkoreksi	53
4.2	Korelasi Antar Data Citra	56
4.3	Peta Parameter Penyebab Tanah Longsor	58
4.3.1	Peta Curah Hujan	58
4.3.2	Peta Jenis Tanah.....	61
4.3.3	Peta Kelerengan	64
4.3.4	Peta Tutupan Lahan	66
4.4	Peta Kerawanan Longsor.....	68
4.5	Korelasi Antar Parameter Kerawanan Longsor.....	71

4.6	Groundtruth (validasi data)	71
4.6.1	Peta Vegetasi dan Peta Kebasahan	73
4.6.2	Kadar Air	75
4.6.3	Tekstur Tanah	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		85
5.1	Kesimpulan.....	85
5.1	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....		87
BIODATA PENULIS		91

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kabupaten Tuban	5
Gambar 2.2	Diagram segitiga tekstur tanah dan sebaran besaran butiran.....	8
Gambar 2.3	Satelit SPOT6	16
Gambar 2.4	Citra QuickBird	19
Gambar 2.5	Koreksi Geometrik.....	20
Gambar 2.6	Klasifikasi Citra	23
Gambar 2.7	Proses Orthorektifikasi	25
Gambar 2.8	Desain Jaring Triangulasi	25
Gambar 2.9	Desain Jaring Trilaterasi	26
Gambar 2.10	Desain Jaring Triangulaterasi	26
Gambar 2.11	Ilustrasi Pengamatan GPS Diferensial	29
Gambar 2.12	Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Kab. Probolinggo.....	39
Gambar 2.13	Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten & Kota Mojokerto.....	40
Gambar 2.14	Peta Kerawanan Tanah Longsor Kab. Kediri	41
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	43
Gambar 3.2	Tahapan Penelitian.....	45
Gambar 3.3	Alur Pengolahan Data.....	47
Gambar 4.1	Peta Tentatif.....	54
Gambar 4.2	(a) Korelasi Foto & Landsat (b) Korelasi Foto & Citra SPOT (c) Korelasi Foto & Citra Quickbird ..	57
Gambar 4.3	Peta Curah Hujan.....	59
Gambar 4.4	Luas Intensitas Curah Hujan.....	60
Gambar 4.5	Peta Jenis Tanah	62
Gambar 4.6	Luas Jenis Tanah.....	63
Gambar 4.7	Peta Kelerengan	64
Gambar 4.8	Luas Kemiringan Lereng	65
Gambar 4.9	Peta Tutupan Lahan	67
Gambar 4.10	Luas Tutupan Lahan	67
Gambar 4.11	Peta Kerawanan Longsor	69
Gambar 4.12	Luas Kerawanan Longsor	70

Gambar 4.13 Korelasi Parameter dengan Tingkat Kerawanan Longsor.....	71
Gambar 4.14 Titik Groundtruth	72
Gambar 4.15 Peta Vegetasi	74
Gambar 4.16 Peta Kebasahan.....	75
Gambar 4.17 Tekstur Tanah GT-01	76
Gambar 4.18 Tekstur Tanah GT-02	77
Gambar 4.19 Tekstur Tanah GT-03	77
Gambar 4.20 Tekstur Tanah GT-04	78
Gambar 4.21 Tekstur Tanah GT-05	79
Gambar 4.22 Korelasi Kadar Air dan Tekstur Tanah Pasir	80
Gambar 4.23 Korelasi NDWI dan Tekstur Tanah Liat	81
Gambar 4.24 Korelasi NDVI dan NDWI.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Band Citra pada Sensor OLI	15
Tabel 2.2	Band Citra pada Sensor TIRS	15
Tabel 2.3	Spesifikasi SPOT6	16
Tabel 2.4	Spesifikasi Satelit QuickBird.....	18
Tabel 2.5	Jumlah Titik Uji Akurasi Berdasarkan Luasan	32
Tabel 2.6	Ketelitian Geometri Peta RBI	34
Tabel 2.7	Ketentuan Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas ...	34
Tabel 2.8	Pemberian Skor Parameter Kerawanan Longsor (Sumber: Sugianti, 2014)	36
Tabel 2.9	Pemberian Skor Parameter Kerawanan Longsor (Sumber: Isti, 2013)	36
Tabel 4.1	RMSE Citra Quickbird (terikat SRGI)	55
Tabel 4.2	NDVI pada citra	57
Tabel 4.3	Klasifikasi Curah Hujan.....	59
Tabel 4.4	Hasil Klasifikasi Curah Hujan	60
Tabel 4.5	Klasifikasi Jenis Tanah	61
Tabel 4.6	Luas Jenis Tanah.....	62
Tabel 4.7	Klasifikasi Kelerengan.....	64
Tabel 4.8	Luas Kelerengan	65
Tabel 4.9	Klasifikasi Tutupan Lahan.....	66
Tabel 4.10	Luas Tutupan Lahan	67
Tabel 4.11	Luas Kerawanan Longsor	69
Tabel 4.12	Koordinat Groundtruth (terikat SRGI).....	71
Tabel 4.13	Klasifikasi kerawanan titik groundtruth.....	73
Tabel 4.14	Hasil Pengujian Kadar Air.....	75
Tabel 4.15	Hasil Pengujian Tekstur Tanah.....	79
Tabel 4.16	Hasil groundtruth	84

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel Rekapitulasi Data Survey
- Lampiran 2. Form Pengukuran GPS (GCP)
- Lampiran 3. Hitungan SOF pada software pengolah data statistik
- Lampiran 4. Hasil Pengujian Tekstur Tanah
- Lampiran 5. Hasil Pengujian Kadar Air
- Lampiran 6. Peta Curah Hujan
- Lampiran 7. Peta Jenis Tanah
- Lampiran 8. Peta Kelerengan
- Lampiran 9. Peta Tutupan Lahan
- Lampiran 10. Peta Vegetasi
- Lampiran 11. Peta Kebasahan
- Lampiran 12. Peta Kerawanan Longsor

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana hidro-meteorologi seringkali melanda Indonesia dikarenakan memiliki curah hujan yang tinggi dan beriklim tropis. Banjir dan kekeringan merupakan bencana hidro-meteorologi yang dapat memicu adanya bencana alam lain. Badan Nasional Penanggulangan Bencana mencatat dari total bencana meteorologi yang paling sering terjadi di Indonesia adalah bencana banjir diikuti oleh longsor.

Longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan yang disebabkan oleh adanya gangguan kestabilan. Gangguan kestabilan lereng ini dikontrol oleh kondisi morfologi (terutama kemiringan lereng), kondisi batuan ataupun tanah penyusun lereng dan kondisi hidrologi atau tata air pada lereng. Meskipun suatu lereng rentan atau berpotensi untuk longsor, karena kondisi kemiringan lereng, batuan/tanah dan tata airnya, namun lereng tersebut belum akan longsor atau terganggu kestabilannya tanpa dipicu oleh proses pemicu.

Tuban merupakan salah satu wilayah yang merasakan dampak berupa kerugian yang disebabkan oleh bencana longsor. Strategi dan upaya penanggulangan bencana tanah longsor diperlukan sebagai langkah awal dalam mitigasi bencana longsor, salah satunya adalah dengan memasyarakatkan daerah rawan longsor melalui pembuatan peta potensi longsor.

Bahaya tanah longsor dapat diidentifikasi melalui sistem informasi geografis dan penginderaan jauh. Dengan melakukan pengolahan terhadap parameter penyebab longsor seperti curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan tutupan lahan, nantinya akan diperkuat dengan menggunakan data penginderaan jauh yakni citra satelit resolusi menengah Landsat 8 dan citra satelit resolusi dangat tinggi Quickbird. Parameter longsor beserta data pendukungnya diolah dan dianalisis menggunakan teknologi berbasis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui wilayah yang berpotensi longsor, serta parameter yang mempengaruhi terjadinya longsor lahan di Kabupaten Tuban dengan luaran dalam bentuk peta potensi longsor dimana dalam penyusunannya mengacu pada beberapa aturan pembuatan peta potensi longsor. Dalam penyelesaiannya, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pemerintah dan masyarakat mengenai wilayah yang memiliki potensi longsor di Kabupaten Tuban, lebih khususnya kepada masyarakat yang berada di sekitar wilayah yang berpotensi longsor.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah dalam penelitian yang akan dilakukan, yakni:

- a. Bagaimana penggunaan lahan yang terdapat di Kabupaten Tuban jika dalam pengolahannya digunakan data penginderaan jauh berupa citra resolusi sangat tinggi dan menengah?
- b. Bagaimana penentuan potensi bencana longsor yang terdapat pada Kabupaten Tuban jika ditinjau dari parameter-parameter yang mempengaruhi terjadinya bencana longsor?
- c. Bagaimana melakukan analisis terhadap parameter penyebab tanah longsor di Kabupaten Tuban?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan adanya beberapa batasan pada masalah yang diangkat, antara lain:

- a. Wilayah studi pemetaan kerawanan longsor bertempat di Kabupaten Tuban pada umumnya, dan Kecamatan Rengel pada khususnya.

- b. Pengambilan *sample* tanah dilakukan pada 5 lokasi yang bertempat di sepanjang tepian sungai Bengawan Solo pada Kecamatan Rengel.
- c. Data yang digunakan dalam penelitian adalah citra satelit Quickbird tahun 2013, citra Landsat 8 *Path* 119 *Row* 65 tanggal 13 Oktober 2015, DEM satelit Astrium tahun 2015, data curah hujan tahun 2015, kemiringan lereng, jenis tanah, dan batas administrasi.
- d. Algoritma yang digunakan dalam pemrosesan citra satelit resolusi sangat tinggi quickbird adalah algoritma NDVI dan NDWI.
- e. Penggunaan parameter dan data penentu kerawanan longsor, serta penentuan klasifikasi masing-masing parameter didasarkan pada beberapa aspek yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22 tahun 2007 dalam Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor dan penelitian sebelumnya (Sugianti, 2014).
- f. Peta curah hujan dibuat dengan menggunakan data curah hujan tahun 2015 wilayah Kabupaten Tuban.
- g. Peta jenis tanah dibuat menggunakan data dengan format *shapefile* wilayah Kabupaten Tuban.
- h. Peta kemiringan lereng dibuat dengan menggunakan data kontur dalam format *shapefile* wilayah Kabupaten Tuban.

1.4 Tujuan Penelitian

Dengan adanya masalah yang telah dirumuskan dimana dalam pengerjaannya terdapat beberapa batasan, hal tersebut dilakukan guna mencapai beberapa tujuan yakni:

- a. Mengolah citra satelit tinggi Quickbird, dan citra satelit resolusi menengah Landsat.

- b. Memetakan potensi bencana longsor di Kabupaten Tuban.
- c. Melakukan analisis terhadap wilayah yang berpotensi longsor di Kabupaten Tuban.

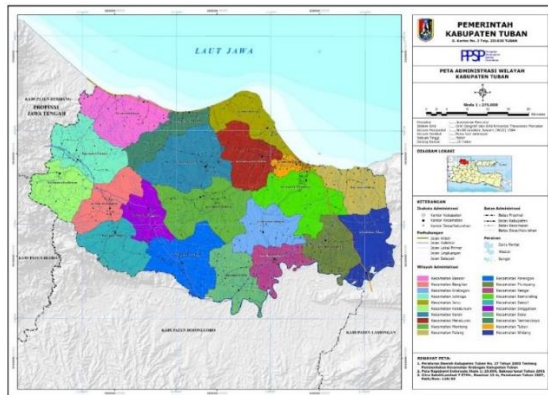
1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dengan adanya penelitian ini antara lain:

- a. Memberikan informasi kepada masyarakat dan pemerintah yang termuat dalam bentuk peta sebagai pertimbangan dalam mitigasi bencana tanah longsor.
- b. Membantu pemerintah dalam perencanaan pengembangan wilayah serta mempercepat pengambilan keputusan dalam pembangunan sarana dan prasarana wilayah.
- c. Sebagai salah satu upaya dalam penyadaran kepada masyarakat untuk mengurangi tindakan yang dapat memicu terjadinya longsor, khususnya bagi masyarakat yang bertempat tinggal pada kawasan rentan longsor.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kabupaten Tuban



Gambar 2.1 Kabupaten Tuban (Sumber: Situs Resmi Kabupaten Tuban, 2016)

Dalam situs resmi pemerintah Kabupaten Tuban (<http://tubankab.go.id/np/geografi>) disebutkan bahwa luas wilayah Kabupaten Tuban 183.994,562 Ha, dan wilayah laut seluas 22.068 km². Letak astronomi Kabupaten Tuban pada koordinat 111° 30' - 112° 35 BT dan 6° 40' - 7° 18' LS. Panjang wilayah pantai 65 km.

Sebelah Utara berbatasan langsung dengan Laut Jawa, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Bojonegoro, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Lamongan, sebelah barat berbatasan dengan Provinsi Jawa Tengah yakni Kabupaten Rembang di bagian utara dan Kabupaten Blora di bagian selatan.

Kabupaten Tuban berada pada ujung Utara dan bagian Barat Jawa Timur yang berada langsung di Perbatasan Jawa Timur dan Jawa Tengah atau antara Kabupaten Tuban dan Kabupaten Rembang. Tuban memiliki titik terendah, yakni 0 m dpl yang berada di Jalur Pantura dan titik tertinggi 500 m yang berada di Kecamatan Grabagan. Tuban juga dilalui oleh Sungai Bengawan Solo yang mengalir dari Solo menuju Gresik.

Ketinggian daratan di Kabupaten Tuban bekisar antara 0 - 500 mdpl. Bagian utara merupakan dataran rendah dengan ketinggian 0-15m diatas permukaan laut, bagian selatan dan tengah juga merupakan dataran rendah dengan ketinggian 5-500m. Daerah yang berketinggian 0-25m terdapat disekitar pantai dan sepanjang bengawan solo sedangkan daerah yang berketinggian diatas 100m terdapat di kecamatan Montong. Luas lahan pertanian di Kabupaten Tuban adalah 183.994,562 Ha yang terdiri lahan sawah seluas 54.860,530 Ha dan lahan kering seluas 129.134,031 Ha.

2.2 Gerakan Tanah

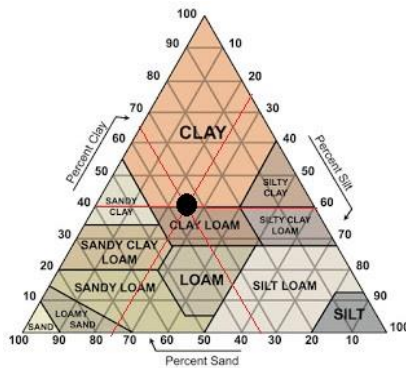
Pengertian longsoran (*landslide*) dengan gerakan tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan. Untuk memberikan definisi longsoran perlu penjelasan keduanya. Gerakan tanah ialah perpindahan massa tanah/batu padaarah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsoran. (Badan Geologi, 2010).

2.3 Sifat Fisik dan Mekanika Tanah

2.3.1 Tekstur Tanah

Dalam Purwowidodo (1986), tekstur tanah adalah distribusi besar butir-butir tanah atau perbandingan secara relatif dari besar butir-butir tanah. Gabungan dari ketiga fraksi tersebut dinyatakan dalam persen dan disebut sebagai kelas tekstur. Kelas tekstur tanah dikelompokkan berdasarkan perbandingan banyaknya butir-butir pasir, debu dan liat. Tanahtanah yang bertekstur pasir mempunyai luas permukaan yang kecil sehingga sulit menyerap (menahan) air dan unsur hara. Tanah-tanah bertekstur liat mempunyai luas permukaan yang besar sehingga kemampuan menahan air dan menyediakan unsur hara tinggi. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (sandy clay), lempung berlanau (silty clay), dan seterusnya. Terdapat hubungan yang erat antara tekstur tanah dengan sifat-sifat tanah yang lain, seperti kapasitas tukar kation (KTK), porositas, kecepatan infiltrasi dan permeabilitas. Komposisi ketiga fraksi tanah akan menentukan sifat-sifat fisika, fisika-kimia dan kimia tanah. Sebagai contoh, besarnya lapangan pertukaran dari ion-ion di dalam tanah amat ditentukan oleh tekstur tanah (Hakim et al. 1986). Sifat fisik dan kesuburan tanah sangat dipengaruhi oleh tekstur tanah. Dari segi fisis tanah, tekstur berperan pada struktur, rumah tangga, air dan udara serta suhu tanah. Dalam segi kesuburan, tekstur memegang peranan penting dalam pertukaran ion, sifat penyangga, kejenuhan basa dan sebagainya.

Fraksi liat merupakan fraksi yang paling aktif sedangkan kedua fraksi yang lain disebut kurang aktif. Kelas tekstur dapat ditetapkan dengan menggunakan diagram segi tiga tekstur menurut USDA (1999) dalam Gambar 2.2. Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah yang meliputi: a. Pasir : butiran dengan diameter 2.0 s.d. 0.05 mm b. Debu : butiran dengan diameter 0.05 s.d. 0.002 mm c. Liat: butiran dengan diameter lebih kecil dari 0.002 mm



Gambar 2.2. Diagram segitiga tekstur tanah dan sebaran besaran butiran

Fraksi pasir terdiri dari pecahan-pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butiran-butiran pasir hampir selalu terdiri dari satu macam zat mineral, terutama kwartz. Partikel-partikel pasir memiliki ukuran yang jauh lebih besar dan memiliki luas permukaan yang kecil (dengan berat yang sama) dibandingkan dengan partikel-partikel debu dan liat. Oleh karena luas permukaan pasir adalah kecil, maka peranannya dalam ikut mengatur sifat-sifat kimia

tanah adalah kecil sekali. Disamping itu, disebabkan fraksi pasir itu memiliki luas permukaan yang kecil, tetapi memiliki ukuran yang besar, maka fungsi utamanya adalah sebagai penyokong tanah dalam disekelilingnya terdapat partikel debu dan liat yang lebih aktif. Kecuali terdapat dalam jumlah yang lebih kecil, maka jika semakin tinggi persentase pasir dalam tanah, makin banyak ruang pori-pori diantara partikel tanah semakin dapat memperlancar gerakan udara dan air (Hakim, 1986). Fraksi debu kurang plastis dan lebih mudah ditembus air daripada liat dan memperlihatkan sifat dilatasi yang tidak terdapat pada liat. Luas permukaan debu lebih besar dari luas permukaan pasir per gram, tingkat pelapukan debu dan pembebasan unsur-unsur hara untuk diserap akar lebih besar dari pasir. Partikel-partikel debu terasa licin sebagai tepung dan kurang melekat. Tanah yang mengandung fraksi debu yang tinggi dapat memegang air tersedia untuk tanaman (Hakim, 1986). Fraksi liat pada kebanyakan tanah terdiri dari mineral-mineral yang berbeda-beda komposisi kimianya dan sifat-sifat lainnya dibandingkan dengan debu dan pasir. Fraksi liat memiliki luas permukaan yang besar. Di dalam tanah molekul-molekul air mengelilingi partikel-partikel liat berbentuk selaput tipis, sehingga jumlah liat akan menentukan kapasitas memegang air dalam tanah. Permukaan liat dapat mengadsorpsi sejumlah unsur-unsur hara dalam tanah. Dengan demikian liat yang permukaannya bermuatan negatif dianggap sebagai penyimpan air dan makanan tanaman (Hakim, 1986). Liat terdiri dari butiran-butiran yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian bahan

itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk asalnya, dan tanpa terjadi retakan atau terpecah-pecah.

2.3.2 Kadar Air Tanah

Tanah terdiri dari tiga fase yaitu cair, padatan dan gas. Fase cair adalah air tanah yang mengisi bagian-bagian atau seluruhnya dari ruangan kosong diantara zarah-zarah padat. Air terdapat di dalam tanah karena ditahan (diserap oleh masa tanah), tertahan oleh lapisan kedap air, atau keadaan drainase yang kurang baik. Gaya adhesi, kohesi dan gravitasi mempengaruhi ditahan atau meresapnya air dalam tanah. Kadar air tanah merupakan nisbah antara berat air dengan berat tanah kering (basis kering), atau nisbah antara berat air dengan berat tanah basah (basis basah), atau nisbah antara volume air dengan volume tanah utuh (basis volume). Kadar air tanah dinyatakan dalam persen berat atau persen volume. Penetapan kadar air tanah dapat dilakukan di lapangan dan laboratorium.

2.4 Risiko Bencana

Bencana adalah rangkaian peristiwa yang mengancam kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam dan/atau faktor non alam sehingga mengakibatkan timbulnya korban manusia, kerusakan, kerugian dan dampak psikologis (BAKORNASPB, 2007).

Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit,

jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Untuk menentukan ancaman bencana, maka diperlukan penilaian risiko (*risk*) bencana dengan mengidentifikasi tingkat bahaya (*hazard*) dan menduga tingkat kerentanan (*vulnerability*).

2.5 Penginderaan Jauh

2.5.1 Definisi Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu subjek, daerah, atau fenomena melalui analisa data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1997). Penginderaan jauh merupakan suatu ilmu bila digunakan untuk lingkup studi penginderaan jauh sendiri dan merupakan suatu teknik bila digunakan sebagai penunjang untuk mempelajari bidang ilmu lain (Pentury, 1997).

Menurut Martin (2004) penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah penggunaan gelombang radiasi elektromagnetik untuk memperoleh informasi tentang lautan, daratan dan atmosfer tanpa kontak langsung dengan obyek, permukaan atau fenomena yang dikaji. Data penginderaan jauh dapat berupa citra, grafik dan data numerik. Data tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang obyek daerah atau fenomena yang diteliti. Interpretasi citra atau penafsiran citra penginderaan jauh dilakukan untuk mengidentifikasi obyek yang tergambar dalam citra dan menilai arti pentingnya obyek tersebut.

2.5.2 Teknik Penginderaan Jauh

Empat komponen dasar dari sistem penginderaan jauh adalah obyek, sumber energi, alur transmisi, dan sensor. Komponen dalam sistem ini berkerja bersama untuk mengukur dan mencatat informasi mengenai target tanpa menyentuh obyek tersebut. Sumber energi yang menyinari atau memancarkan energi elektromagnetik pada target mutlak diperlukan. Energi berinteraksi dengan target dan sekaligus berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi dari target kepada sensor. Sensor adalah sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Setelah dicatat, data akan dikirimkan ke stasiun penerima dan diproses menjadi format yang siap pakai, diantaranya berupa citra. Citra ini kemudian diinterpretasi untuk menyarikan informasi mengenai target. Proses interpretasi biasanya berupa gabungan antara visual dan *automatic* dengan bantuan komputer dan perangkat lunak pengolah citra (Arozaq, 2008).

Sebuah sistem penginderaan jauh memerlukan sumber tenaga baik alamiah maupun buatan. Tenaga yang dimaksud berupa spektrum elektromagnetik yang meliputi spektra kosmis, gamma, sinar X, ultra violet, cahaya tampak, infra merah, gelombang mikro serta gelombang radio. Jumlah total seluruh spektrum disebut spektrum elektromagnetik. Dalam dunia penginderaan jauh, terdapat dua sistem tenaga pada wahana yaitu sistem pasif dan sistem aktif.

1. Sistem Pasif

Pada wahana yang menggunakan sistem pasif, sumber tenaga utama yang dibutuhkan oleh satelit berasal dari sumber lain yang tidak terintegrasi dalam wahana. Sumber tenaga yang dimaksud biasanya berupa energi yang berasal

dari matahari. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara lain satelit Aster, Landsat, SPOT, NOAA, MODIS dan lainnya.

2. Sistem Aktif

Pada wahana yang menggunakan sistem pasif, sumber tenaga utama yang dibutuhkan oleh wahana menggunakan tenaga elektromagnetik yang dibangkitkan oleh sensor radar (*radio detecting and ranging*) yang terintegrasi pada wahana tersebut. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara lain Radarsat, JERS, ADEOS dan lainnya (Lillesand dan Kiefer, 1997).

Penginderaan jauh yang merupakan teknik perekaman data menggunakan sensor sebagai alat perekam obyek bumi. Sensor dipasang pada wahana (*platform*) dan letaknya jauh dari obyek yang diamati, maka diperlukan tenaga elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek tersebut. Sensor terbatas kemampuannya untuk mengidentifikasi obyek kecil. Batas kemampuan memisahkan setiap obyek dinamakan resolusi. Resolusi citra satelit merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam obyek. Resolusi satelit sendiri menurut Purwadhi (2001), terbagi menjadi lima (5), yang biasa digunakan sebagai parameter kemampuan sensor satelit adalah :

1. Resolusi Spasial

Merupakan ukuran obyek terkecil yang masih dapat disajikan, dibedakan dan dikenali pada citra. Semakin kecil ukuran obyek yang dapat terekam, maka semakin baik kualitas sensornya.

2. Resolusi Spektral

Merupakan daya pisah obyek berdasarkan besarnya spectrum elektromagnetik yang digunakan untuk perekaman data.

3. Resolusi Radiometrik

Kemampuan sistem sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil kekuatan sinyal.

4. Resolusi Temporal

Perbedaan kenampakan yang masih dapat dibedakan dalam waktu perekaman ulang

5. Resolusi Termal

Yaitu keterbatasan sensor penginderaan jauh yang merekam pancaran tenaga termal atau perbedaan suhu yang masih dapat dibedakan oleh sensor penginderaan jauh secara termal.

2.6 Satelit Landsat

Satelit Landsat (*Land Satellite*) adalah milik Amerika Serikat yang pertama kali diluncurkan tahun 1972 dengan nama ERTS-1 (*Earth Resource Technology Satellite-1*). Satelit Landsat mengorbit bumi selaras dengan matahari (*sunsynchronous*). Landsat 8 atau *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) diluncurkan tanggal 11 Februari 2013 yang menyediakan produk citra *open acces*. Satelit ini merupakan project gabungan antara USGS dan NASA beserta NASA *Goddard Space Flight Center*. Landsat 8 hanya memerlukan waktu 99 menit untuk mengorbit bumi dan melakukan luputan pada area yang sama setiap 16 hari sekali dengan area *scan* seluas 170 km x 183 km. Satelit Landsat 8 terbang diangkasa dengan ketinggian 705 km dari permukaan bumi dengan inklinasi 98.2°. Satelit ini dilengkapi dua sensor yaitu sensor *Operational Land Imager* (OLI) yang terdiri dari 9 band serta sensor *Thermal InfraRed Sensors* (TIRS) yang terdiri dari 2 *band*. Berikut daftar *band-band* Landsat 8 :

Sensor OLI

Tabel 2. 1 Band Citra pada Sensor OLI (Sumber: USGS, 2014)

Band Spektral	Bandwidth(μm)	Resolusi Spasial
<i>Band 1 – Visible</i>	0.433 – 0.450	30 meter
<i>Band 2 – Visible</i>	0.450 – 0.510	30 meter
<i>Band 3 – Visible</i>	0.530 – 0.590	30 meter
<i>Band 4 – Red</i>	0.640 – 0.670	30 meter
<i>Band 5 – Near InfraRed</i>	0.850 – 0.880	30 meter
<i>Band 6 – Short Wavelength InfraRed</i>	1.570 – 1.650	30 meter
<i>Band 7 – Short Wavelength InfraRed</i>	2.110 – 2.290	30 meter
<i>Band 8 – Panchromatic</i>	0.500 – 0.680	15 meter
<i>Band 9 – Cirrus</i>	1.360 – 1.390	30 meter

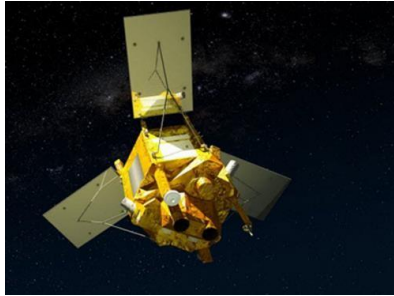
Sensor TIRS

Tabel 2. 2 Band Citra pada Sensor TIRS Sumber : (USGS, 2014)

Band Spektral	Bandwidth (μm)	Resolusi Spasial
<i>Band 10 – Thermal Infrared Sensor</i>	10.30 – 11.30	100 meter
<i>Band 11 – Thermal Infrared Sensor</i>	11.50 – 12.50	100 meter

2.7 Citra Satelit SPOT6

Satelit optis SPOT6 dikembangkan oleh AIRBUS defence and Space dan diluncurkan pada tanggal 9 September 2012 dengan roket PSLV dari Pusat Antariksa Satish Dhawan, India.



Gambar 2.3 Satelit SPOT6
(Sumber: Corporation, 2015)

Tabel 2. 3 Spesifikasi SPOT6 (Sumber: Corporation, 2015)

Mode Pencitraan	Pankromatik	Multispektral
Resolusi Spasial Pada Nadir	1.5m GSD pada nadir	6m GSD pada nadir
Jangkauan Spektral	450 – 745 nm	Biru (455 – 525nm) Hijau (530 – 590nm) Merah (625 – 695nm) IR dekat (760 – 890nm)
Lebar Sapuan	60 km pada nadir	
Pencitraan <i>Off-Nadir</i>	30 derajat (standar) - 40 derajat (extended) Gyroskop dapat merekam berbagai arah sesuai permintaan	
Jangkauan Dinamik	12 bit per piksel	
Masa Aktif Satelit	±10 tahun	
Waktu Pengulangan	1-3 hari bersamaan dengan SPOT-7	
Ketinggian Orbit	694 km	
Waktu Lintasan Equatorial	10:00 A.M descending mode	
Orbit	98.79 derajat sinkron matahari	

Harga Arsip	Mono std € 3.8 /sq.km – Mono rush € 5.7 /sq.km Stereo std € 7.6 /sq.km – Stereo rush € 11.4 /sq.km Tri Stereo std € 11.4 /sq.km – Tri Stereo rush € 17.1 /sq.km
Harga Tasking	Std € 4.6 /sq.km
Luas Pemesanan	Arsip min.250 sq.km Tasking min.100 sq.km Lebar area min.5km di setiap sisi
Level Proses	Mono, Stereo, Tri Stereo
Tingkat Akurasi	35m CE 90 tanpa GCP (dengan sudut perekaman 30 derajat) 10m CE 90 dengan Reference 3D

2.8 Satelit QuickBird

Satelit optis Quickbird diluncurkan pada 18 Oktober 2001 di pangkalan angkatan udara Vandenberg, California, USA. Satelit Quickbird merupakan satelit yang baik untuk data lingkungan seperti analisis perubahan iklim, penggunaan lahan, pertanian dan kehutanan. Selain itu kemampuan satelit Quickbird dapat juga diterapkan untuk berbagai industri termasuk eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas alam, teknik dan konstruksi serta studi lingkungan.

Tabel 2.4 Spesifikasi Satelit QuickBird (Sumber: LAPAN, 2016)

Mode Pencitraan	Pankromatik	Multispektral
Resolusi Spasial Pada Nadir	0.65m GSD pada nadir	2.62m GSD pada nadir
Resolusi Spasial 20 Derajat Dari Nadir	0.73 meter	2.9 meter
Jangkauan Spektral	450 – 900 nm	Biru (450 – 520nm) Hijau (520 – 600nm) Merah (630 – 690nm) IR dekat (760 – 900nm)
Lebar Sapuan	16.8 km pada nadir 18 km pada 20 derajat dari nadir	
Pencitraan <i>Off-Nadir</i>	Hingga 30 derajat Tersedia opsi pemilihan sudut ketinggian	
Jangkauan Dinamik	11 bit per piksel	
Masa Aktif Satelit	Perkiraan hingga lebih dari 10 tahun	
Waktu Pengulangan	1 hingga 3,5 hari Pada Latitude 30 derajat (off nadir)	
Ketinggian Orbit	450/482 km	
Waktu Lintasan <i>Equatorial</i>	10:30 A.M (descending mode)	
Orbit	97.2 derajat sinkron matahari	
Waktu Orbit	93.5 menit	
Kecepatan Pada Orbit	7.1 km per detik (25.560 km/jam)	
Level Proses	<i>Basic, Standard, Orthorectified</i>	
Harga	\$. 16 per km ² untuk arsip (lebih 90 hari) \$. 25 per km ² untuk fresh arsip (kurang dari 90 hari)	
Luas Pemesanan	Minimum 25 km ² untuk data arsip Minimum 100 km ² untuk data pesan (<i>tasking</i>) (dengan jarak antar vertex minimum 5km)	

Mode Pencitraan	Pankromatik	Multispektral
Akurasi	23 meter horizontal (CE90)	

Berikut ini merupakan contoh hasil gambar dari citra QuickBird:



Gambar 2.4 Citra QuickBird (Sumber: LAPAN, 2016)

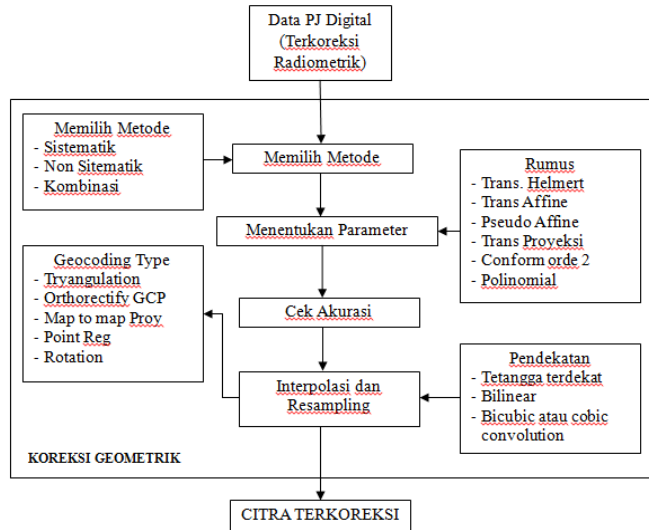
2.9 Pengolahan Citra Digital

2.9.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan perbaikan akibat cacat atau adanya kesalahan radiometrik akibat gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi pada matahari (Purwadhi, 2001). Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel agar sesuai dengan yang seharusnya dikarenakan adanya :

- Kesalahan pada sistem optik yang dapat disebabkan oleh bagian optik pembentuk citra buram dan perubahan kekuatan sinyal.
- Kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer yang disebabkan oleh pengaruh hamburan dan serapan, tanggapan (*response*) amplitudo yang tidak linier, dan terjadinya bising (*noise*) pada waktu transmisi data.

2.9.2 Koreksi Geometrik



Gambar 2.5 Koreksi Geometrik
(Sumber: Purwadhi, 2011)

Koreksi geometrik yang dilakukan terhadap sistem koordinat bumi berfungsi agar semua informasi data citra sesuai dengan keberadaannya di bumi (Purwadhi, 2001). Ada beberapa metode yang digunakan dalam koreksi geometrik sesuai dengan jenis kesalahannya, yaitu :

a. Metode Sistematis

Digunakan untuk koreksi distorsi yang konstan, dengan menerapkan rumus yang diturunkan dari model matematik atas sumber distorsi atau menggunakan data referensi geometrik yang diukur dari sensor penginderaan jauh, misalnya geometri lensa kamera diberikan dengan kalibrasi panjang fokus dan koordinat *fiducial mark*.

b. Metode Non Sistematis

Digunakan untuk koreksi distorsi acak (*random*) dengan menerapkan rumus transformasi polinomial dari sistem koordinat geografis ke koordinat citra, yang ditentukan dengan menggunakan titik kontrol tanah (*ground control point*). Metode ini memerlukan peta teliti yang sesuai dengan daerah liputan citra dan titik medan yang dikenali dalam citra, seperti perpotongan jalan raya, tubuh air yang kecil. Proses koreksi dengan meletakkan sejumlah titik ikat medan yang ditempatkan sesuai dengan koordinat citra dan koordinat peta (lintang, bujur). Nilai koordinat kemudian digunakan untuk analisis kuadrat terkecil guna menentukan koefisien bagi dua persamaan transformasi, yang menghubungkan koordinat citra dan koordinat geografis. Akurasi tergantung pada orde polinomial, jumlah dan distribusi titik kontrol tanah.

c. Metode Gabungan

Melakukan koreksi sistematis, kemudian kesalahan akan direduksi dengan menggunakan orde polinomial lebih rendah atau pseudo Affin

Koreksi geometrik mempunyai tiga tahapan, yaitu:

1. Melakukan rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografi.
2. Registrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain atau mentransformasikan sistem koordinat citra multispektral atau citra multitemporal.
3. Registrasi citra ke peta atau transformasi sistem koordinat citra ke peta, yang menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

2.9.3 Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan suatu proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokan semua piksel ke dalam kelas tertentu berdasarkan suatu kriteria atau kategori obyek. Metode klasifikasi citra terdiri dari klasifikasi terselia, tak terselia, dan hibrida (campuran terselia dan tak terselia):

- **Klasifikasi Terselia**

Klasifikasi terselia merupakan proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih *training area* untuk tiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi. Di dalam klasifikasi ini digunakan data penginderaan jauh multispektral yang berbasis numerik, untuk pengenalan polanya dilakukan proses otomatis dengan bantuan komputer, sedangkan identitas dan nilai informasi atau tipe penutup lahan telah diketahui sebelumnya.

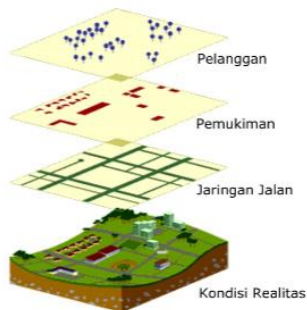
- **Klasifikasi Tak Terselia**

Klasifikasi tak terselia menggunakan algoritma untuk mengkaji atau menganalisis sejumlah piksel yang tidak dikenal dan membaginya dalam sejumlah kelas berdasarkan pengelompokan nilai digital citra. Kelas yang dihasilkan dari klasifikasi ini adalah kelas spektral. Oleh karena itu, pengelompokan kelas didasarkan pada nilai natural spektral citra, dan identitas nilai spektral tidak dapat diketahui secara dini. Hal itu disebabkan analisisnya belum menggunakan data rujukan seperti citra skala besar untuk menentukan identitas dan nilai informasi setiap kelas spektral.

- Klasifikasi hibrida (campuran)

Klasifikasi hibrida atau campuran merupakan analisis klasifikasi yang memadukan kelas spektral dari klasifikasi tak terselia dengan informasi yang cocok dengan referensi. Pendekatan ini melibatkan data tak terselia dan terselia analisis *training sample* diambil dari *cluster* hasil klasifikasi tak terselia, sehingga terjadi pengelompokan cluster terselia.

Klasifikasi/Interpretasi citra bertujuan untuk pengelompokkan atau membuat segmentasi mengenai kenampakan-kenampakan yang homogen. Klasifikasi yang akan dijelaskan dibawah ini adalah Klasifikasi *visual*, dimana pengenalan penutup/penggunaan lahan sampai pada tahap fungsi dari lahan tersebut (misal, sawah, lading/tegalan, kebun campur, hutan, dll) yang kemudian dilakukan pendeliniasian (pemberian batas antara penutup/penggunaan lahan yang berbeda) langsung pada monitor komputer (*digitation on screen*).



Gambar 2.6 Klasifikasi Citra
(Sumber: Astrini, dan Oswald, 2012)

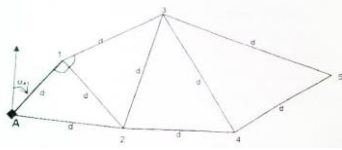
Untuk dapat melakukan interpretasi memerlukan unsur-unsur pengenalan pada obyek atau gejala yang terekam pada citra. Unsur-unsur pengenalan ini secara individual maupun secara kolektif mampu membimbing penafsir ke arah pengenalan yang benar. Unsur-unsur ini disebut unsur-unsur interpretasi, yang meliputi 7 kunci interpretasi, yaitu rona (*tone*) mengacu pada kecerahan relatif obyek pada citra. Bentuk secara umum, konfigurasi, atau garis besar wujud obyek secara individual. Ukuran (*size*) obyek pada foto harus dipertimbangkan dalam konteks skala yang ada. Pola (*pattern*) terkait dengan susunan keruangan obyek. Bayangan (*shadow*) sangat penting bagi penafsir karena, dapat memberikan dua macam efek yang berlawanan. Tekstur (*texture*) merupakan ukuran frekuensi perubahan rona pada gambar obyek. Situs (*site*) atau letak merupakan penjelasan tentang lokasi obyek relatif terhadap obyek atau kenampakan lain yang lebih mudah untuk dikenali, dan dipandang dapat dijadikan data untuk identifikasi obyek yang dikaji (Purwadhi, 2001).

2.10 Orthorektifikasi

Orthorektifikasi merupakan suatu proses koreksi yang bertujuan untuk memperbaiki distorsi geometri yang disebabkan oleh karakteristik sensor, arah penginderaan, dan pergeseran relief sehingga arah penginderaan memiliki proyeksi perspektif (LAPAN, 2010). Kondisi ini dapat terjadi pada citra satelit yang pada kenyataannya memiliki variasi topografi tinggi, seperti lembah hingga gunung serta berbukit-bukit. Pada dasarnya koreksi orthorektifikasi adalah bertujuan mengubah citra yang memiliki arah penginderaan bersifat proyeksi perspektif menjadi proyeksi orthogonal (LAPAN, 2010).

b. Trilaterasi

Desain jaring trilaterasi didefinisikan oleh bentuk rangkaian segitiga dengan unsur ukuran semua jarak, dan satu azimuth awal. Suatu jaring trilaterasi minimal harus memiliki suatu titik ikat/datum.



Gambar 2.9 Desain Jaring Trilaterasi
(Sumber: Anjasmara, 2005)

Keterangan:

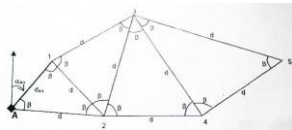
Jarak : d_i , $i=1,n$

Azimuth : α_{A1}

Titik datum : A

c. Triangulaterasi

Bentuk jaring triangulaterasi didefinisikan oleh bentuk rangkaian segitiga dengan unsur semua sudut, jarak, dan satu azimuth awal. Suatu jaring triangulaterasi minimal harus memiliki satu titik ikat/datum.



Gambar 2.10 Desain Jaring Triangulaterasi
(Sumber: Anjasmara, 2005)

Keterangan:

Sudut : β_i , $i=1,n$

Jarak : d_i , $i=1,n$

Azimuth : α_{A1}

Titik datum : A

2.12 Kekuatan Jaring/*Strength of Figure* (SoF)

Strength of Figure (SoF) adalah kekuatan geometrik (bentuk) rangkaian segitiga yang menentukan penyebaran kesalahan dalam perataan jaring. Kekuatan geometrik jaring segitiga yang baik dicerminkan oleh harga SoF yang kecil dan akan menjamin ketelitian yang merata pada seluruh jaring. Perhitungan ini sangat penting untuk menentukan susunan pada sistem triangulasi. SoF dapat disebut juga kekuatan jaring poligon.

Faktor kekuatan bentuk geometri jaringan atau *Strength of Figure* (SoF) adalah kekuatan dari bentuk kerangka dimana kegunaannya adalah untuk menentukan kekuatan kerangka dari jaring geodesi yang diambil dari gambar dimana kekuatannya akan setara dengan kerangka yang akan dibuat di lapangan. Penentuan posisi dan jumlah titik kontrol tanah sangat mempengaruhi hasil SoF yang juga berpengaruh pada tingkat ketelitian kerangka tersebut. SoF juga menunjukkan tingkat kekuatan geometri dari rangkaian segitiga yang menentukan penyebaran kesalahan dalam perataan jaringan. Kekuatan geometrik dicerminkan dengan harga SoF yang paling kecil, hal ini akan menjamin ketelitian yang merata pada seluruh jaringan. Sehingga dapat dipilih bentuk geometri yang baik (kuat dan memiliki kesalahan minimum).

Untuk melihat kekuatan dari jaringan yang dibentuk, maka dilakukan penghitungan kekuatan jaring atau *Strength of Figure*. Ada beberapa metode yang dapat digunakan. Semakin kecil nilai dari kekuatan jaring, menunjukkan jaring yang dibentuk semakin kuat. Berikut ini adalah penghitungan SoF dengan menggunakan rumus (Abidin, 2002):

$$\text{SoF} = \frac{[\text{Trace}(A^T A)^{-1}]}{U} \dots\dots(1)$$

Keterangan:

SoF = *Strength of Figure*
 A = Desain matriks
 U = Jumlah parameter yang dipengaruhi oleh jumlah titik kontrol

Untuk menghitung Jumlah parameter yang dipengaruhi oleh jumlah titik kontrol (U) digunakan rumus (Abidin, 2002):

$$U = n \text{ parameter} - n \text{ ukuran}$$

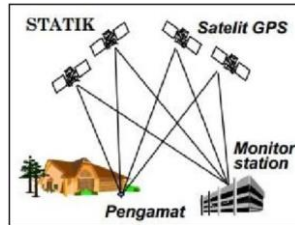
$$U = (\text{jumlah baseline} \times 3) - (\text{jumlah titik} \times 3)$$

2.13 Penentuan Posisi Menggunakan GPS

Pada dasarnya konsep penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi 3 dimensi (x,y,z atau l,b,h) yang dinyatakan dalam datum WGS (*World Geodetic System*) 1984, sedangkan tinggi yang diperoleh adalah tinggi ellipsoid. Sehingga untuk sistem tingginya berbeda dengan tinggi orthometrik yang merupakan tinggi di atas geoid yang diukur sepanjang garis gaya berat melalui titik tersebut.

- Metode Diferensial

Pada pengamatan GPS dengan metode diferensial (metode relatif) dibutuhkan minimal dua *receiver* GPS. Prinsipnya adalah dengan mengurangkan data yang diamati oleh dua *receiver* GPS pada waktu yang bersamaan, maka beberapa jenis kesalahan dan bias dari data dapat dieliminasi atau direduksi. Pengeliminasian dan reduksian ini akan meningkatkan akurasi dan presisi data, dan selanjutnya akan meningkatkan tingkat akurasi dan presisi posisi yang diperoleh. Adapun biasanya titik yang akan ditentukan posisinya dinamakan *rover*, sedangkan titik yang posisinya telah diketahui dinamakan *base/master*.



Gambar 2. 11 Ilustrasi Pengamatan GPS Diferensial
(Sumber: Abidin, 2006)

Ada tiga metode pengeliminasian (*differencing*), yaitu *Single Difference*, *Double Difference* dan *Triple Difference*. Metode *Single Difference* (SD), disimbolkan dengan (Δ), dilakukan dengan menggunakan dua *receiver* A dan B serta satelit dimana kesalahan ephemeris (orbit) atau dua satelit dapat dieliminasi dengan mengurangi dua data one-way (OW) masingmasing *receiver* atau satelit. Kemudian *Double Difference* (DD), disimbolkan dengan ($\Delta\nabla$), dilakukan dengan dua *receiver*, dua satelit sehingga kesalahan jam *receiver* dapat dieliminasi. Sedangkan *Triple Difference* (TD) dilakukan dengan dua *receiver*, dua satelit dan dua *epoch* pengamatan sehingga ambiguitas fase dapat dieliminasi.

$$SD = OW - OW \quad \dots(2)$$

$$DD = SD - SD \quad \dots(3)$$

$$TD = DD - DD \quad \dots(4)$$

Keterangan:

OW : *Data one-way*

SD : *Single Difference*

DD : *Double Difference*

TD : *Triple Difference*

2.14 Ground Control Point (GCP) dan Independent Check Point (ICP)

2.15.1 Ground Control Point (GCP)

GCP atau titik kontrol tanah adalah proses penandaan lokasi yang berkoordinat berupa sejumlah titik yang diperlukan untuk kegiatan mengoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra. Tingkat akurasi GCP sangat bergantung pada jenis GPS yang digunakan dan jumlah sampel GCP terhadap lokasi dan waktu pengambilan (Hasyim, 2009). Lokasi ideal saat pengambilan GCP adalah perempatan jalan, sudut jalan, perpotongan jalan pedestrian, kawasan yang memiliki warna mencolok, persimpangan rel dengan jalan dan benda/ monumen/ bangunan yang mudah diidentifikasi atau dikenal. Perlu dihindari pohon, bangunan, dan tiang listrik selain sulit diidentifikasi, karena kesamaannya yang tinggi (Hasyim, 2009).

Titik kontrol tanah yang dibutuhkan dalam proses rektifikasi ini dapat diperoleh dengan beberapa cara, yaitu:

- a. *Image to map*, dimana titik kontrol tanah diperoleh dari peta yang mempunyai liputan yang sama dengan citra yang akan dikoreksi.
- b. *Image to image*, dimana titik kontrol tanah diperoleh citra lain yang terkoreksi dan mempunyai daerah liputan yang sama.
- c. *Image to GPS*, dimana titik kontrol tanah diperoleh dari pengukuran GPS langsung di lapangan.

Syarat penentuan sebaran titik kontrol tanah (GCP) adalah sebagai berikut:

- a. Pada sisi perimeter area citra.
- b. Pada tengah area/*scene*
- c. Pada wilayah perbatasan/*overlap scene* citra.
- d. Tersebar secara merata dalam area citra.
- e. Menyesuaikan kondisi *terrain*.

2.15.2 Independent Check Point (ICP)

ICP atau dalam bahasa Indonesia disebut sebagai titik uji akurasi, yaitu titik-titik yang sudah teridentifikasi pada citra dan peta referensi tetapi berlainan posisi dengan titik-titik kontrol tanah (Wibowo & Eko, 2010). ICP digunakan untuk menguji hasil rektifikasi yang telah dilakukan menggunakan GCP. Syarat persebaran ICP dalam area penelitian adalah sebagai berikut (Badan Informasi Geospasial, 2016):

- a. Objek yang digunakan sebagai titik uji harus memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji, dengan ketentuan sebagai berikut:
- b. Pada setiap kuadran jumlah minimum titik uji adalah 20% dari total titik uji
- c. Jarak antar titik uji minimum 10% dari jarak diagonal area yang diuji.
- d. Untuk area yang tidak beraturan, pembagian kuadran dilakukan dengan membagi wilayah kelompok data menjadi empat bagian, dimana setiap bagian dipisahkan oleh sumbu silang. Pembagian kuadran dibuat sedemikian rupa sehingga jumlah dan sebaran titik uji mempresentasikan wilayah yang akan diuji.

Jumlah titik uji mendapatkan ketelitian dengan tingkat kepercayaan 90% ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.5 Jumlah Titik Uji Akurasi Berdasarkan Luasan (Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2016)

Luasan (km ²)	Jumlah Titik Uji untuk Ketelitian Horizontal
<250	12
251-500	20
501-750	25
751-1000	30
1001-1250	35
1251-1500	40
1501-1750	45
1751-2000	50
2001-2250	55
2251-2500	60

Jumlah titik uji untuk ketelitian geometri bertambah sejumlah 5 titik untuk setiap penambahan luasan sebesar 250 km². Syarat penentuan objek untuk titik kontrol (GCP maupun ICP) adalah sebagai berikut (Badan Informasi Geospasial, 2016):

- a. Objek yang dijadikan GCP harus dapat diidentifikasi secara jelas dan akurat pada citra dalam resolusi tersebut.
- b. Objek harus berada pada permukaan tanah.
- c. Objek bukan merupakan bayangan.
- d. Objek tidak memiliki pola yang sama.
- e. Objek merupakan permanen dan diam serta diyakini akan mengalami perubahan atau pergeseran pada saat pengukuran GNSS.
- f. Bentuk objek harus jelas dan tegas.
- g. Warna objek harus kontras dengan warna disekitarnya.
- h. Terdapat akses menuju lokasi GCP.

- i. Bangunan dapat dipilih menjadi objek titik kontrol tanah dengan syarat adalah sebagai berikut:
 - Tidak ada objek lain selain bangunan.
 - Merupakan bangunan konkrit/ bukan bangunan sementara.
 - Bukan bangunan bertingkat, ketinggian bangunan maksimal 3 meter.
 - Objek yang diukur merupakan sudut atap dan bukan sudut tembok bagian dalam bangunan.

2.15 Uji Ketelitian Peta

Sesuai yang tercantum pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (2014), uji ketelitian posisi dilakukan hingga mendapatkan tingkat kepercayaan peta 90% *Circular Error* dan *Lenear Error*.

1) Standar Pengujian Peta Dasar Darat (RBI)

Pengukuran akurasi menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) atau *Circular Error*. Pada pemetaan dua dimensi (2D) perlu diperhitungkan adalah koordinat (X,Y) titik uji dan posisi sebenarnya dilapangan. RMSE digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematik. Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE_{horizontal} = \sqrt{\frac{D^2}{n}} \quad \dots (5)$$

$$D^2 = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} = \quad \dots (6)$$

$$\sqrt{\frac{\sum[(x_{data} - x_{cek})^2 + (y_{data} - y_{cek})^2]}{n}} \quad \dots (7)$$

$$RMSE_{vertikal} = \sqrt{\frac{\sum(z_{data} - z_{cek})^2}{n}} \quad \dots (8)$$

Keterangan:

n = Jumlah total pengecekan pada peta

D= Selisih antara koordinat yang diukur di lapangan dengan koordinat di peta

x = Nilai koordinat pada sumbu X

y = Nilai koordinat pada sumbu Y

z = Nilai koordinat pada sumbu Z

2) Ketelitian Geometri Peta Rupabumi Indonesia

Ketentuan untuk standar ketelitian geometri peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.6 Ketelitian Geometri Peta RBI

(Sumber: Perka Badan Informasi Geospasial, 2014)

No	Skala	IK	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			H* (CE 90)	V* (LE 90)	H* (CE 90)	V* (LE90)	H* (CE90)	V* (LE90)
1	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

* IK= Interval Kontur, H= Horizontal, V= Vertikal, Satuan dalam meter
Nilai ketelitian di setiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti tertera pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.7 Ketentuan Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas

(Sumber: Perka Badan Informasi Geospasial, 2014)

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm x bil skala	0,3 mm x bil skala	0,5 mm x bil skala
Vertikal	0,5 x interval kontur	1,5 x ketelitian kelas 1	2,5 x ketelitian kelas 1

Nilai ketelitian posisi peta dasar pada Tabel 2.7 adalah nilai CE90 untuk ketelitian horizontal dan LE90 untuk ketelitian vertikal, yang berarti bahwa kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%.

Nilai CE90 dan LE90 dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar sebagai berikut US NMAS (*United State National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z$$

Dengan

$RMSE_r$: *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y

$RMSE_z$: *Root Mean Square Error* pada posisi z

2.16 Reklasifikasi, Skoring dan Pembobotan

2.17.1Reklasifikasi

Reklasifikasi adalah pengkelasan kembali data atribut dengan memecah bagian dari *boundary* dan menyatukannya dalam poligon baru yang telah direklasifikasi (Maselino, 2002).

2.17.2Skoring

Skoring merupakan pemberian skor terhadap tiap kelas di masing-masing parameter banjir. Setiap data yang telah melalui tahapan pengolahan awal kemudian dibagi/direklasifikasi kedalam kelas-kelas yang masing-masing mempunyai nilai skor yang menunjukkan skala kerentanan faktor tersebut terhadap kejadian banjir. Skor rendah menandakan kecilnya kemungkinan terjadinya banjir di wilayah tersebut, dan semakin tinggi nilai skor berarti

peluang terjadinya banjir semakin besar (Martha, 2011).

Pembagian kelas dalam setiap penelitian dapat berbeda-beda. Pembagian kelas dari setiap parameter yang digunakan secara umum disesuaikan dengan kelas parameter yang dimiliki oleh daerah yang diamati. Nilai bobot dan skor juga menyesuaikan dengan daerah penelitian yang diamati. Setelah masing-masing kelas parameter diberikan nilai bobot dan skor, semua parameter tersebut ditampilkan. Nilai potensi suatu daerah terhadap longsor ditentukan dari total penjumlahan skor masing-masing parameter longsor.

Sebagai contoh, pemberian skor terkait tingkat kerawanan longsor menurut beberapa referensi (Isti, 2013, Sugianti, 2014) adalah seperti berikut.

Tabel 2.8 Pemberian Skor Parameter Kerawanan Longsor (Sumber: Sugianti, 2014)

Skor/ Parameter	1	2	3	4	5
Curah Hujan (mm/tahun)	<1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	>3000
Jenis Tanah	Alluvial, Glei	Latosol	Brown Foret, Mediteran	Andosol, Grumosol, Podsol	Regosol, Litosol, Organosol
Kelerengan (%)	0 - 8	8 - 15	15 - 25	25 - 45	> 45

Tabel 2.9 Pemberian Skor Parameter Kerawanan Longsor (Sumber: Isti, 2013)

Skor/ Parameter	1	2	3	4	5
Tutupan Lahan	Tubuh Air	Hutan	Kebun	Tegalan, sawah, pemukiman	-

2.17.3 Pembobotan

Pembobotan adalah pemberian bobot terhadap masing-masing parameter dengan didasarkan atas pertimbangan seberapa besar pengaruh masing-masing parameter terhadap kejadian longsor. Penentuan bobot untuk masing-masing peta didasarkan atas pertimbangan, seberapa besar kemungkinan terjadi banjir dipengaruhi oleh setiap parameter geografis yang akan digunakan dalam proses analisa (Purnama, 2008).

Setelah masing-masing kelas parameter diberikan nilai bobot dan skor, semua parameter tersebut ditampilkan. Nilai potensi suatu daerah terhadap Bahaya ditentukan dari total penjumlahan skor masing-masing parameter Bahaya. Daerah yang sangat berpotensi terhadap Bahaya akan memiliki skor total dengan jumlah paling besar dan sebaliknya daerah yang tidak berpotensi terhadap Bahaya akan mempunyai total skor yang rendah.

2.17 Overlay

Overlay merupakan salah satu teknik pengambilan kesimpulan dalam SIG. Teknik pada dasarnya melakukan penilaian digital atas skor atau pengharkatan pada suatu poligon. Teknik overlay banyak dimanfaatkan dalam evaluasi spasial. Semua atribut yang terrelasi akan masuk ke dalam file yang baru dan menjadi data baru pada file tersebut. Karena metode overlay menggunakan skor-skor dalam poligon, maka sebelum overlay dilakukan harus terlebih dahulu dilakukan skoring terhadap poligon-poligon tersebut (Maselino, 2002). Pada proses overlay layer data yang nantinya akan di overlay haruslah benar dan tepat secara topologi sehingga semua garis bertemu pada satu titik dan batasan dari suatu poligon harus tertutup.

2.18 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis adalah suatu sistem informasi tentang pengumpulan dan pengolahan data serta penyampaian informasi dalam koordinat ruang, baik secara manual maupun digital. Data yang diperlukan merupakan data yang mengacu pada lokasi geografis, yang terdiri dari dua kelompok, yaitu data grafis dan data atribut. Data grafis tersusun dalam bentuk titik, garis, dan poligon. Sedangkan data atribut dapat berupa data kualitatif atau kuantitatif yang mempunyai hubungan satu-satu dengan data grafisnya (Barus et al, 2000).

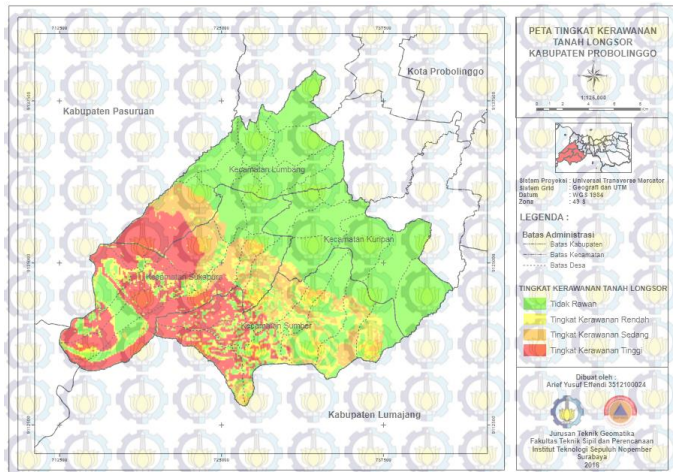
Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan alat yang handal untuk menangani data spasial. Dalam SIG, data dipelihara dalam bentuk digital. Sistem ini merupakan suatu sistem komputer untuk menangkap, mengatur, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis dan menyajikan data yang bereferensi ke bumi.

Komponen utama SIG dapat dibagi ke dalam 4 kelompok, yaitu: perangkat keras, perangkat lunak, organisasi (manajemen), dan pemakai.

2.19 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian Effendi, 2015, dengan judul penelitian Analisa Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*, digunakan metode logika *fuzzy* dalam pengolahan parameter-parameter yang mempengaruhi tanah longsor. Data-data yang digunakan berupa peta analog dan citra satelit resolusi menengah yang nantinya akan dilakukan digitasi untuk melanjutkan ke tahap pemrosesan selanjutnya yang menggunakan fitur spasial analysis tools berupa overlay Fuzzy yang terdapat pada Software ArcGIS dalam proses analisa yang dilakukan. Kemudian didapatkan hasil berupa peta tingkat kerawanan tanah longsor yang memiliki 4 kelas kerawanan yakni tidak rawan, rawan rendah, rawan

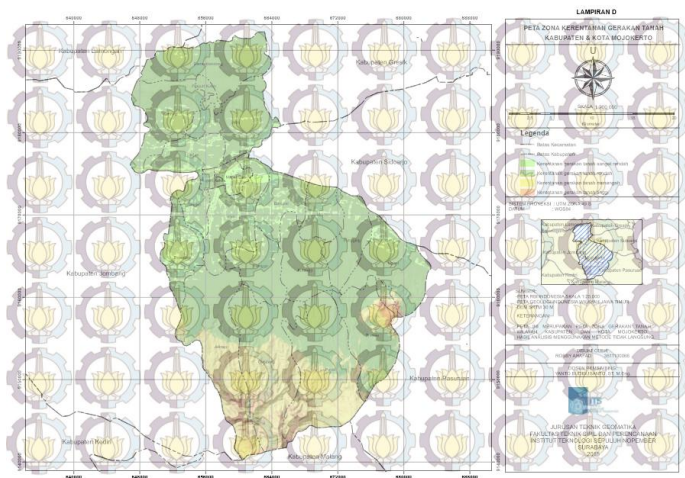
sedang, dan rawan tinggi. Dalam penelitian tersebut terdapat beberapa saran dan rekomendasi untuk penelitian sejenis, salah satunya menengenai penggunaan data yang lebih akurat, aktual, dan lengkap sehingga didapatkan hasil penelitian yang lebih baik. Gambar di bawah ini merupakan hasil yang didapatkan dari penelitian Effendi (2015).



Gambar 2.12 Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Kab. Probolinggo
(Sumber: Effendi, 2015)

Dalam penelitian Arrafad, 2014 yang berjudul Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah Dengan Menggunakan Metode Tidak Langsung Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM No. 1452/K/10?MEM/2000, digunakan metode tumpang susun yang dilanjutkan dengan analisa hingga menghasilkan zonasi kerentanan gerakan tanah. Analisa yang digunakan diperoleh dari perhitungan kerapatan (*density*) dan *skoring* nilai bobot (*weight vaue*) masing-masing parameter untuk mendapatkan nilai total

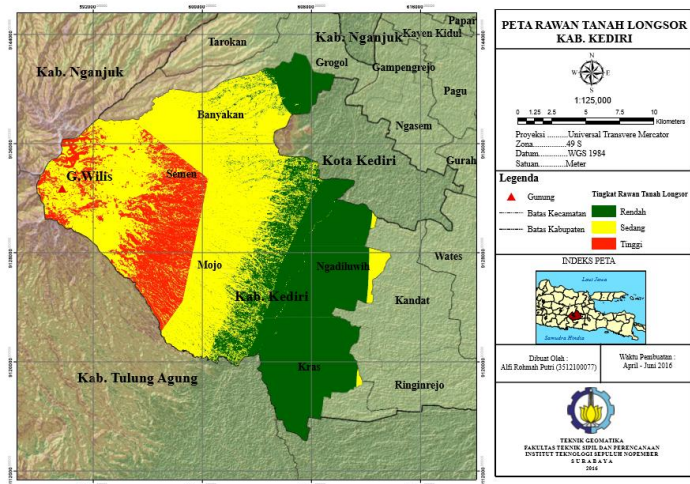
kerentanan gerakan tanah yang kemudian dihitung dengan metode statistik untuk penentuan klasifikasi zona kerentanan gerakan tanah yang dibagi atas: zona sangat rendah, rendah, menengah, dan tinggi. Dalam penelitian tersebut diperoleh nilai minimum perhitungan bobot sebesar -0.0902 dan maksimum sebesar 0.17. Berikut merupakan hasil dari pembuatan peta zona kerentanan pada penelitian Arrafad (2014).



Gambar 2.13 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah

Penelitian selanjutnya yakni Putri, 2015, dilakukan dengan studi kasus Kabupaten Kediri dengan judul penelitian Identifikasi Daerah Rawan Banjir dan Tanah Longsor Menggunakan SIS (Sistem Informasi Geografis), dimana penentuan tingkat kerawanan tanah longsor didasarkan dari hasil skor kumulatif yang didapatkan dari keseluruhan parameter yang digunakan. Hasil dari perkalian parameter yang digunakan kemudian dikonversi pada beberapa tingkatan sesuai dengan kebutuhan hingga

menghasilkan 3 kelas kerawanan, yakni rendah, sedang, dan tinggi yang direpresentasikan pada gambar berikut.



Gambar 2.14 Peta Kerawanan Tanah Longsor Kab. Kediri
(Sumber: Putri, 2015)

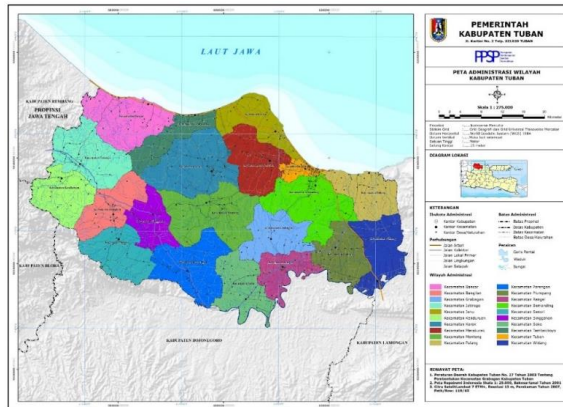
Dalam penelitian yang telah dilakukan menunjukkan 12 desa di Kecamatan Mojo, Semen dan Banyakan memiliki tingkat rawan tanah longsor tinggi sebesar 8,26%. Daerah tersebut terletak pada dataran tinggi dengan kelerengan berkisar antara 25-40% dan lebih dari 40% dengan jenis tanah litosol.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada pada Kabupaten Tuban dengan luas wilayah sekitar 183.994.562 Ha. Letak astronomi Kabupaten Tuban pada koordinat $111^{\circ} 30'$ - $112^{\circ} 35'$ BT dan $6^{\circ} 40'$ - $7^{\circ} 18'$ LS (Situs Pemerintah Kabupaten Tuban, 2016).



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: RTRW Kab. Tuban Tahun 2012-2032)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Data tabular curah hujan Kabupaten Tuban tahun 2015 (sumber: Dinas Pekerjaan Umum Tuban)
- Data DEM Kabupaten Tuban tahun 2015 (sumber: Bappeda Tuban)

- Data jenis tanah Kabupaten Tuban tahun 2008 (sumber: Bappeda Tuban)
- Data kemiringan lereng Kabupaten Tuban tahun 2008 (sumber: Bappeda Tuban)
- Citra resolusi menengah Landsat *Path* 119 *Row* 65 tanggal 13 Oktober 2015 (sumber: <http://earthexplorer.usgs.gov>)
- Citra resolusi sangat tinggi Quickbird tahun 2013 (sumber: Bappeda Tuban)
- Batas administrasi (sumber: Peta RBI 1:25.000)
- Data Citra Foto
- Data GPS

3.2.2 Peralatan

Alat yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dibagi menjadi dua, yaitu:

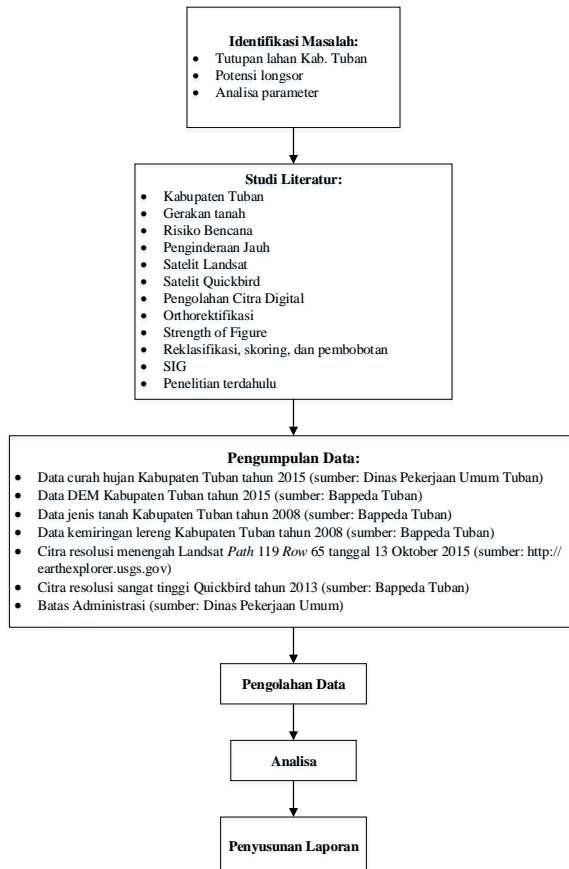
a. Perangkat Keras

- GPS *Geodetic dual frequency*
- *Phantom 3 Advance*
- Laptop

b. Perangkat Lunak

- Perangkat lunak pengolah data geospasial
- Perangkat lunak pengolah data citra satelit
- Perangkat lunak pengolah data GPS
- Perangkat lunak pengolah orthorektifikasi
- Perangkat lunak pengolah data statistik

3.3 Metodologi Penelitian



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

Penjelasan mengenai diagram alir (Gambar 3.2) di atas adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana memetakan penggunaan lahan di Kabupaten Tuban

dan bagaimana memetakan potensi longsor yang ada pada Kabupaten Tuban jika dilihat dari parameter-parameter yang mempengaruhi longsor seperti curah hujan, tutupan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng.

2. Studi Literatur

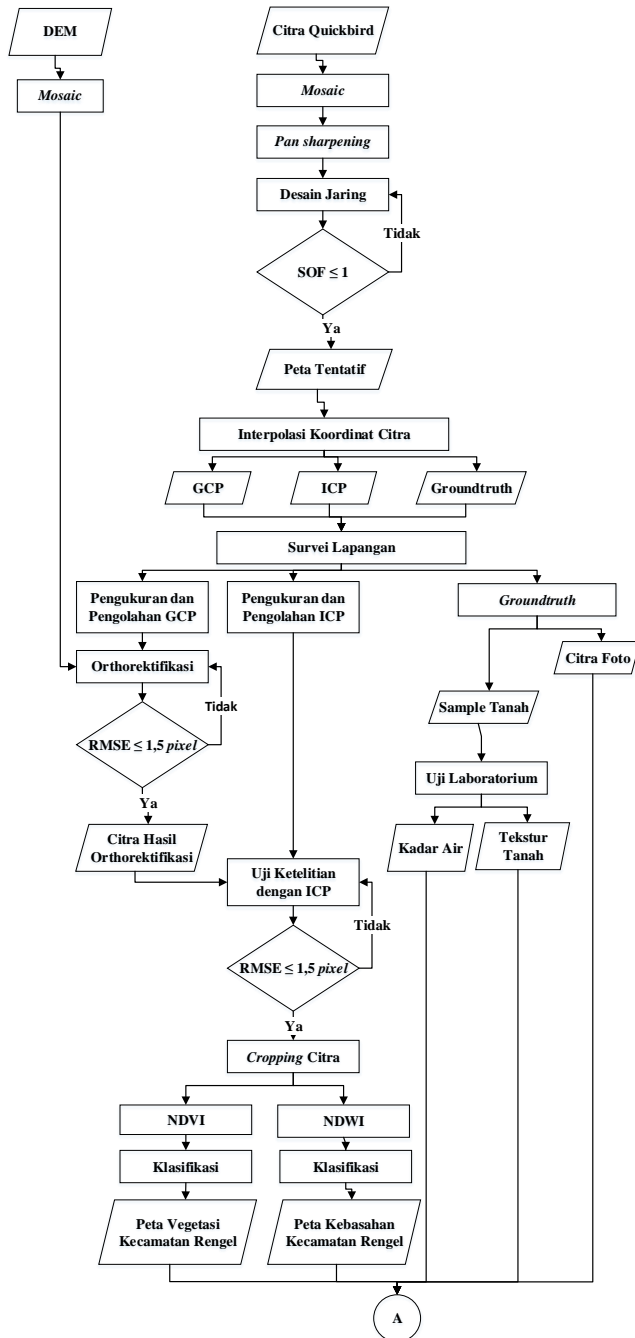
Pada tahap ini peneliti mempelajari literatur yang mendukung jalannya penelitian yang dapat dilakukan dengan menggunakan buku referensi/panduan, arahan dari pembimbing peneliti selama menjalankan penelitian ini, maupun hasil penelitian sejenis sebelumnya yang berkaitan dalam penentuan metode pemecahan masalah serupa.

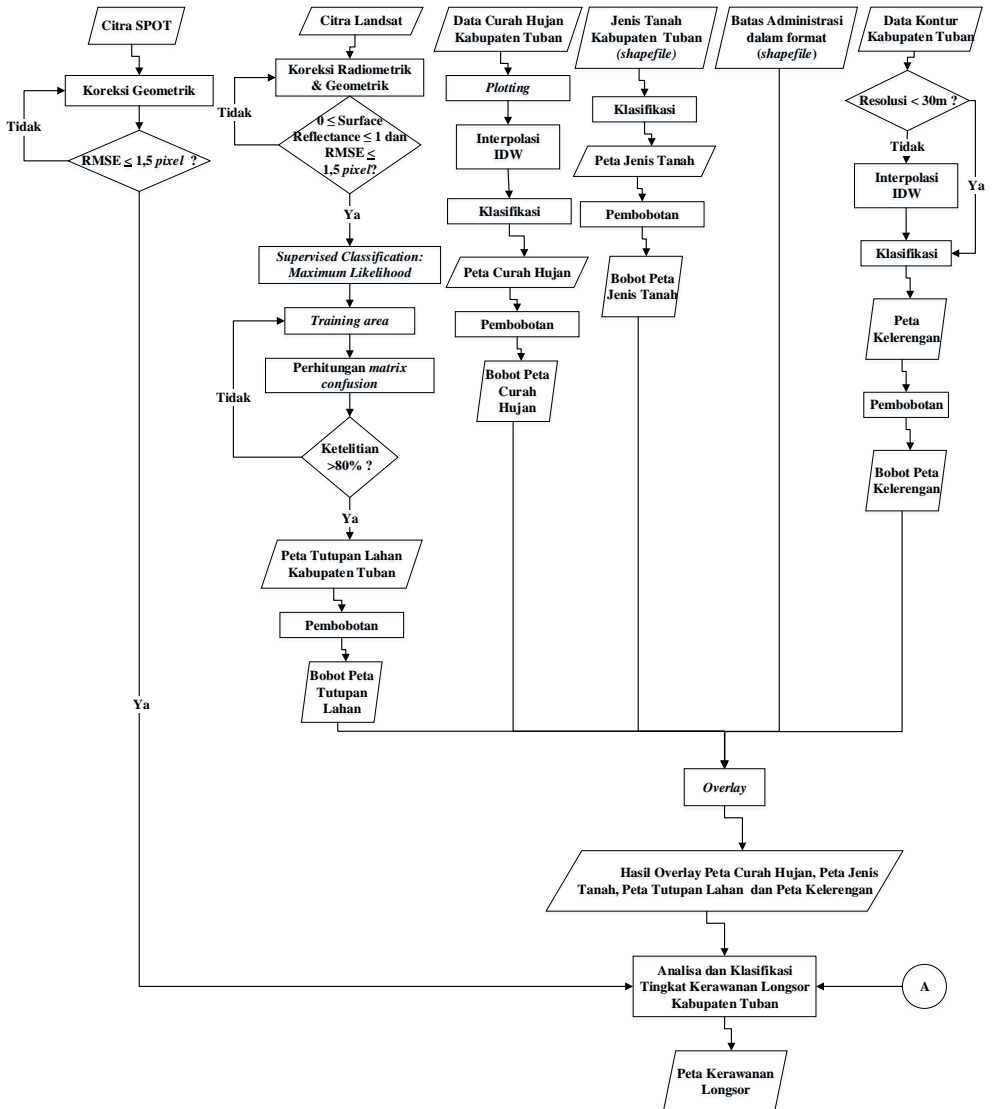
3. Pengumpulan Data

Setelah dilakukannya studi literatur, dilakukan pengambilan data sebagai dasar dalam melanjutkan pada tahapan pengolahan data. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data curah hujan yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tuban, data kemiringan lereng, jenis tanah, data DEM satelit Astrium Terra SAR X dan citra satelit resolusi sangat tinggi Quickbird yang didapatkan dari Bappeda Tuban, citra satelit resolusi menengah Landsat 8 yang bisa di-download di <http://explorer.usgs.gov>, serta batas administrasi dari Dinas Pekerjaan Umum Prov Jatim.

4. Pengolahan Data

Data yang didapatkan selanjutnya diolah dengan Software pengolah data geospasial. Proses pengolahan data didasarkan pada studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya seperti yang dijelaskan pada *flowchart* berikut.





Gambar 3.3 Alur Pengolahan Data

Adapun penjelasan mengenai gambar 3.3 adalah seperti berikut:

- Pengolahan masing-masing data

- Pengolahan Data Curah Hujan

Data curah hujan yang didapatkan akan diseleksi terlebih dahulu agar sesuai dengan daerah penelitian. Setelah diseleksi, data tersebut diolah dengan Software ArcGIS 10.2.2 yang dimulai dengan *plotting* data.

Langkah selanjutnya adalah dengan mengubah titik yang telah diplot menjadi suatu area dalam bentuk *polygon* dengan melakukan suatu interpolasi. Dalam penelitian ini dilakukan interpolasi IDW dengan tetap menggunakan ArcGIS. Setelah terbentuk *polygon*, data curah hujan terklasifikasi menjadi 2 kelas.

- Pengolahan Data Jenis Tanah

Data jenis tanah dipilih dengan menyesuaikan daerah penelitian, yakni Kabupaten Tuban. Dalam penelitian ini didapatkan data jenis tanah dalam format *shapefile* sehingga proses klasifikasi dan pemberian skor dapat dilakukan secara cepat.

- Data Kemiringan Lereng

Data kemiringan lereng didapatkan dalam format *shapefile*. Dilakukan seleksi data terlebih dahulu agar sesuai dengan daerah penelitian, kemudian dilakukan proses klasifikasi pada data menjadi 5 kelas.

- Data DEM satelit Astrium

Data kontur terlebih dahulu diseleksi sesuai dengan daerah penelitian. Dilakukan proses mosaik pada DEM dengan menggunakan *Global Mapper* kemudian hasil mosaik disimpan dalam format *.dem* agar dapat digunakan pada proses orthorektifikasi.

- Citra Resolusi Menengah

Pada citra dengan resolusi menengah yang dalam penelitian ini adalah citra Landsat 8 dilakukan koreksi radiometrik terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan

dengan melakukan klasifikasi menggunakan metode *Supervised Classification: Maximum Likelihood* pada citra hingga didapatkan tutupan lahan yang diklasifikasi menjadi 4 kelas.

- Citra Satelit Resolusi Tinggi SPOT

Dilakukan rektifikasi pada citra SPOT hingga menghasilkan rmse dibawah 1,5 μ pixel.

- Citra Resolusi Sangat Tinggi Quickbird

Pengolahan citra quickbird dimaksudkan untuk validasi data hasil klasifikasi yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk itu diawali dengan melakukan mosaik pada citra, baik *panchromatic* maupun *multispectral*. Kemudian dilakukan penggabungan pada keduanya melalui proses *pansharpening* agar objek pada citra dapat dilihat dengan jelas. Dilanjutkan pada penentuan sebaran GCP dan ICP (desain jaring) yang disesuaikan dengan wilayah studi dan disebar secara merata. Jaring yang telah dibuat kemudian dihitung kekuatannya dimana hasil perhitungan tersebut harus bernilai ≤ 1 . Kemudian dilakukan interpolasi koordinat GCP, ICP serta *groundtruth* untuk digunakan pada observasi lapangan. Beberapa aspek yang didapatkan pada tahap observasi lapangan, antara lain:

- a. Koordinat GCP dan ICP

Pengambilan data berupa koordinat GCP dan ICP dilakukan dengan menggunakan GPS Geodetik dual frekuensi, yang selanjutnya akan diolah pada perangkat lunak pengolah data GPS.

Koordinat GCP digunakan dalam proses orthorektifikasi dan uji ketelitian dimana besar kesalahan (RMSE) pada data yang sudah diolah harus $\leq 1,5$ pixel. Dalam proses ini digunakan data DEM yang telah digabungkan melalui proses mosaik sesuai dengan wilayah penelitian.

Hasil dari proses orthorektifikasi adalah citra tegak yang dapat digunakan pada tahap penggunaan algoritma, namun dengan tetap melewati proses *cropping* citra terlebih dahulu. Algoritma terkait bencana longsor yang dapat digunakan pada citra satelit resolusi sangat tinggi adalah algoritma NDVI dan NDWI sehingga dapat dihasilkan peta vegetasi dan peta kebasahan.

b. Foto

Pengambilan data berupa foto dari masing-masing titik *sample* dilakukan dengan menggunakan drone dengan maksud untuk dijadikan acuan dalam pemilihan citra dalam proses *groundtruth*.

c. *Sample* tanah

Pengambilan *sample* tanah diperlukan guna mengetahui kadar air dan tekstur tanah mengacu pada USDA (1999) ada masing-masing titik *sample* yang dapat diketahui nilainya melalui uji laboratorium.

- Overlay dan skoring

Setelah dilakukan pengolahan pada masing-masing data, dilakukan *overlay* pada 4 parameter longsor yakni curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan yang sebelumnya telah diberikan skor terlebih dahulu.

Setelah didapatkan skor dari masing-masing parameter, kemudian dilakukan proses analisa dan klasifikasi daerah dengan potensi longsor dengan terdapat 5 kategori dalam pengelompokannya yakni kerawanan sangat rendah, kerawanan rendah, kerawanan sedang, kerawanan tinggi, dan kerawanan sangat tinggi. Selanjutnya dilakukan validasi terhadap data yang telah diolah dengan menggunakan data yang didapatkan dari pengukuran lapangan.

5. Pembuatan peta dan pelaporan

Hasil dari pengolahan data yang dilakukan disajikan dalam bentuk peta yang memuat informasi mengenai wilayah dengan tingkat kerawanan longsor mulai dari rendah hingga tinggi. Pelaporan penelitian ini dibuat mencakup seluruh kegiatan yang telah dilaksanakan beserta teori yang mendukung serta langkah-langkah pengolahan data. Format laporan mengacu pada buku aturan yang telah ditetapkan.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 Citra Terkoreksi

Koreksi dilakukan pada masing-masing citra agar dapat dihasilkan luasan yang sesuai dengan keadaan di lapangan.

- **Landsat 8**

Citra Landsat yang diperoleh nantinya akan digunakan dalam proses klasifikasi hingga menghasilkan tutupan lahan yang kemudian akan dilanjutkan dalam proses pembuatan peta kerawanan longsor. Dilakukan koreksi geometrik karena adanya proses pemotongan pada citra, maka dilakukan koreksi geometrik ulang hingga menghasilkan rmse sebesar 0.005m. Koreksi radiometrik yang dilakukan meliputi kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosferik dengan metode FLAASH menggunakan perangkat lunak pengolah data citra.

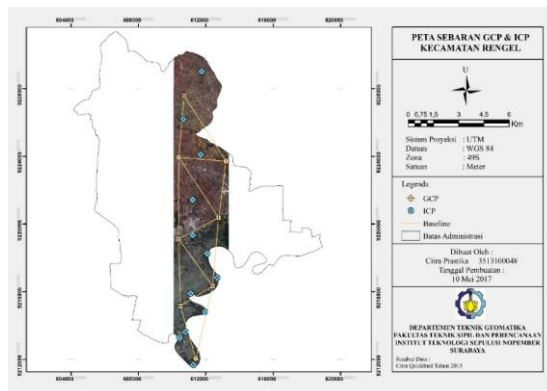
- **SPOT**

Citra Satelit SPOT direktifikasi dengan menggunakan perangkat lunak pengolah citra hingga didapatkan rmse sebesar 0,88 m. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses rektifikasi yang dilakukan dapat dikatakan memenuhi standar, yakni ≤ 1 m sesuai dengan yang tertera pada PerkaBIG (2014).

- **Quickbird**

Citra satelit resolusi tinggi Quickbird digunakan dalam pembuatan peta vegetasi dan peta kebasahan. Citra Quickbird yang digunakan memiliki tanggal akuisisi data pada 10 Oktober 2013. Dalam proses pengolahan citra quickbird dibutuhkan data DEM yang telah digabungkan dalam proses mosaic menggunakan *software* pengolah data DEM hingga menghasilkan file dengan format *.dem*.

Citra quickbird kemudian di *pan sharpening* dan diinterpolasi koordinat citranya menjadi koordinat titik-titik yang akan dilakukan pengukuran lapangan yakni GCP (titik kontrol), ICP (titik uji akurasi) dan titik *groundtruth*. Pemilihan lokasi dan sebaran titik GCP dan ICP mengacu pada Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang BIG (2016) dimana penempatan titik tersebut harus dapat diidentifikasi secara jelas pada citra. Sebagian besar objek yang dipilih merupakan pojok bangunan dikarenakan lebih mudah diinterpretasi dibanding dengan kenampakan alam yang lain. Titik tersebut kemudian dioverlay hingga menjadi peta tentatif seperti gambar berikut.



Gambar 4.1 Peta Tentatif

Terdapat 8 titik GCP dan 12 titik ICP yang digunakan dalam penelitian ini. Perhitungan nilai SoF yang didapatkan sebesar 0.2115 sesuai dengan perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah baseline} &: 22 \\
 \text{Jumlah titik} &: 8 \\
 N_{\text{ukuran}} &: \text{Jumlah baseline} \times 3 = 66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{parameter}} &: \text{Jumlah titik} \times 3 &= 24 \\ U &: N_{\text{uk}} - N_{\text{par}} &= 42 \end{aligned}$$

$$\text{SOF} = \frac{\text{Trace} ([A^T].[A])^{-1}}{u} = 0.2115$$

Semakin kecil nilai SOF maka semakin baik konfigurasi jaring, dan begitu pula sebaliknya. Perhitungan SOF yang dilakukan telah menghasilkan nilai <1 sehingga desain jaring yang telah dibuat dapat dianggap kuat (Abidin, 2002).

Pengambilan data berupa koordinat GCP dan ICP dilakukan dengan menggunakan GPS geodetik dual frekuensi dengan metode statik dan durasi pengukuran 30-45 menit pada masing-masing titik. Pengolahan data pengukuran dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolahan data GPS yang meliputi proses *post processing* dan *network adjustment*.

Koordinat GCP dan ICP yang didapatkan telah diikatkan dengan CORS ITS S dan telah dikoreksi dengan SRGI BIG hingga didapatkan $dx = -4.306\text{m}$ dan $dy = 0.391\text{m}$ untuk selanjutnya digunakan dalam proses orthorektifikasi menggunakan perangkat lunak pengolahan citra hingga didapatkan RMSE yang diharuskan $\leq 1,5$ piksel yakni sebesar 0.7875 piksel. Berikut merupakan RMSE dari koordinat yang telah diolah.

Tabel 4.1 RMSE Citra Quickbird (terikat SRGI)

Nama Titik	RMSE	X (m)	Y (m)
GCP01	0.493	611415.062	9212055.26
GCP02	0.391	610493.765	9215153.548
GCP03	0.207	612407.164	9216339.387
GCP04	0.644	610388.390	9219113.217
GCP05	0.22	612762.528	9220378.888

Nama Titik	RMSE	X (m)	Y (m)
GCP06	0.784	613208.440	9223709.584
GCP07	0.597	610415.784	9223937.052
GCP08	0.448	610728.314	9227575.156
ICP01	0.628	611176.463	9211689.356
ICP02	0.222	610453.878	9213282.668
ICP03	0.303	610779.393	9213638.819
ICP04	0.293	611867.692	9214775.977
ICP05	0.216	611103.617	9215903.052
ICP06	0.194	612664.987	9216831.495
ICP07	0.37	612078.452	9218234.885
ICP08	0.439	611217.088	9219342.436
ICP09	0.397	611224.687	9221431.059
ICP10	0.626	611717.011	9224112.681
ICP11	0.381	610678.329	9226189.472
ICP12	0.257	611768.987	9229012.678

Citra tegak yang dihasilkan dari proses orthorektifikasi selanjutnya dilakukan uji akurasi untuk mengetahui nilai ketelitian citra. Uji akurasi dilakukan dengan menghitung RMSE dari seluruh titik ICP terlebih dahulu kemudian dihitung dengan rumus sesuai dengan Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar berikut.

$$\text{Akurasi horisontal} = 1,5175 \times \text{RMSE}$$

Hasil dari perhitungan uji akurasi didapatkan ketelitian horizontal sebesar 0,9105 sehingga dapat dikatakan memenuhi standar dengan termasuk pada kelas 1 pada skala 1:5000.

4.2 Korelasi Antar Data Citra

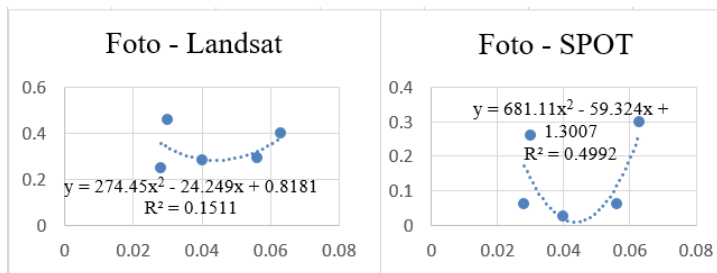
Penggunaan citra satelit multilevel dalam penelitian ini perlu dilakukan pengujian kekuatan/kesesuaian hubungan antar data citra. Hubungan tersebut didapatkan

dengan menerapkan algoritma NDVI pada Landsat dan Quickbird, serta penggunaan band *Blue* dan *Red* pada SPOT dan Foto. Kekuatan hubungan yang diperoleh akan menentukan data citra yang akan digunakan sebagai validasi klasifikasi kerawanan longsor.

Tabel 4.2 NDVI pada citra

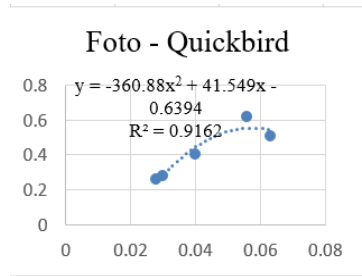
Nama Titik	NDVI			
	Foto	SPOT	Landsat	Quickbird
1	0.04	0.026	0.28	0.27
2	0.063	0.3	0.4	0.20
3	0.056	0.06	0.29	0.45
4	0.028	0.06	0.25	0.27
5	0.03	0.26	0.46	0.56

Berikut merupakan ilustrasi yang menunjukkan hubungan masing-masing data citra dengan foto yang ditetapkan sebagai acuan. Penentuan foto sebagai acuan dilakukan dengan pertimbangan waktu pengambilan data yang mendekati waktu pengambilan sample titik *groundtruth*.



(a)

(b)



(c)

Gambar 4.2 (a) Korelasi Foto dengan Landsat (b) Korelasi Citra dengan Citra SPOT (c) Korelasi Citra dengan Citra Quickbird

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa korelasi terendah hingga terkuat berturut-turut adalah foto dengan Landsat sebesar 0,0945, foto dengan SPOT sebesar 0,2677, serta foto dengan Quickbird sebesar 0,912. Hal tersebut dimungkinkan karena resolusi spasial yang dimiliki masing-masing citra. Citra Quickbird memiliki resolusi sangat tinggi yakni sebesar 0,6m sehingga memiliki hubungan yang lebih kuat dengan foto jika dibandingkan dengan SPOT sebesar 1,5m dan Landsat sebesar 30m. Oleh karena itu, dalam penelitian ini parameter groundtruth diolah dan divalidasi kebenarannya dengan menitikberatkan pada penggunaan citra Quickbird.

4.3 Peta Parameter Penyebab Tanah Longsor

4.3.1 Peta Curah Hujan

Data curah hujan didapatkan dalam bentuk tabular mencakup 26 stasiun curah hujan yang tersebar di Kabupaten Tuban.

Dalam pembuatan peta curah hujan dilakukan interpolasi IDW terlebih dahulu untuk mengubah data hasil *plotting* menjadi suatu area/*polygon* agar

Longsor semakin berpotensi seiring dengan meningkatnya intensitas curah hujan suatu wilayah. Semakin tinggi intensitas curah hujan yang masuk ke dalam tanah akan terakumulasi di bagian dasar lereng. Berikut merupakan intensitas curah hujan yang terdapat pada Kabupaten Tuban.

Tabel 4.4 Hasil Klasifikasi Curah Hujan

Curah Hujan	Luas (ha)	%
Kering (<1500)	173785	87.84
Basah (2000-2500)	24056.1	12.16



Gambar 4.4 Luas Intensitas Curah Hujan

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi berada pada intensitas kering yakni <1500 mm/tahun dengan luas sebesar 173.785 ha. Sedangkan untuk intensitas curah hujan basah seluas 24.056,1 ha hanya berada pada beberapa daerah yakni Kecamatan Singgahan, Kecamatan Soko,

Kecamatan Rengel, Kecamatan Plumpang, dan sebagian Kecamatan Tuban.

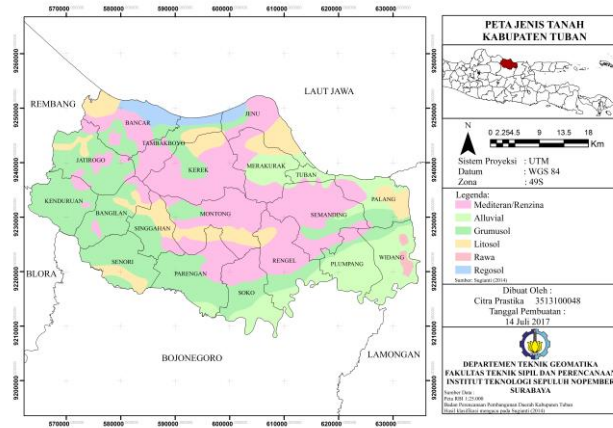
4.3.2 Peta Jenis Tanah

Data jenis tanah didapatkan dalam format *shapefile* (vektor) yang mencakup seluruh kecamatan pada Kabupaten Tuban. Klasifikasi dilakukan dengan mengacu pada Sugianti (2014) menjadi 5 kelas seperti pada tabel di berikut.

Tabel 4.5 Klasifikasi Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tingkat longsor	Skor
Alluvial, Glei	Tidak peka	1
Latosol	Sedikit peka	2
Brown Forest, Mediteran	Agak peka	3
Andosol, Grumosol, Podsol	Peka	4
Regosol, Litosol, Organosol	Sangat Peka	5

Dari data yang telah didapatkan sesuai dengan wilayah studi beberapa jenis tanah pada Kabupaten Tuban antara lain alluvial, grumosol, litosol, mediteran/renzina, rawa, dan regosol. Setelah dilakukan proses klasifikasi, dilanjutkan dengan melakukan proses *layouting* hingga mendapatkan hasil seperti berikut.

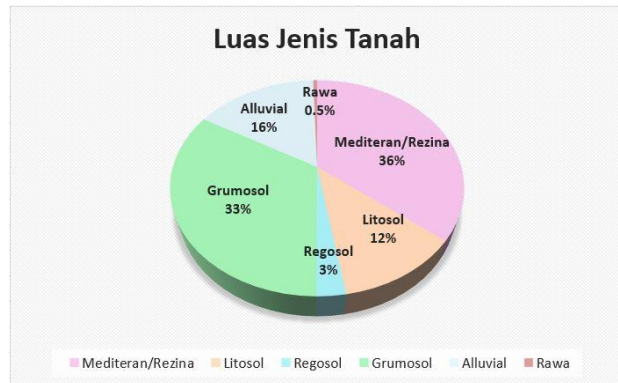


Gambar 4.5 Peta Jenis Tanah

Luas masing-masing hasil jenis tanah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Luas Jenis Tanah

Jenis Tanah	Luas (ha)	%
Mediteran/Rezina	70695.4	35.76
Litosol	22976.4	11.62
Regosol	5273.62	2.67
Grumosol	65923.5	33.35
Alluvial	31773.3	16.07
Rawa	1033.63	0.52



Gambar 4.6 Luas Jenis Tanah

Dari tabel 4.4 dapat diketahui bahwa jenis tanah tertinggi adalah jenis tanah mediteran/renzina dengan luas sebesar 35% wilayah Kabupaten Tuban atau setara dengan 70.695,4 ha yang berlokasi hampir di setiap kecamatan di Kabupaten Tuban. Mediteran merupakan jenis tanah yang berasal dari batuan kapur keras. Berdasarkan tingkat kepekaan tanah terhadap erosi (SK Mentan No. 837/Kpts/Um/11/80) mediteran merupakan jenis tanah yang kurang peka terhadap erosi. Namun tertinggi kedua setelah mediteran adalah Grumosol dengan luas sebesar 33,35% dari wilayah Kabupaten Tuban atau setara dengan 65.923,5 ha. Grumosol merupakan jenis tanah yang juga berasal dari batu kapur. Berdasarkan tingkat kepekaan tanah terhadap erosi (SK Mentan No. 837/Kpts/Um/11/80) grumosol merupakan jenis tanah yang peka terhadap erosi.

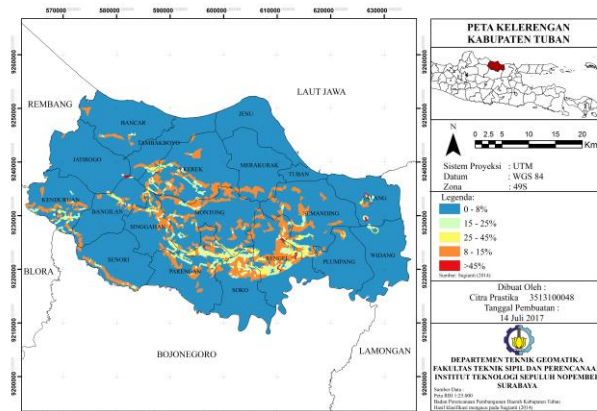
4.3.3 Peta Kelerengan

Data kemiringan lereng didapatkan dalam format *shapefile* (vektor) yang mencakup seluruh kecamatan pada Kabupaten Tuban. Klasifikasi dilakukan dengan mengacu pada Sugianti (2014) menjadi 5 kelas seperti pada tabel di berikut.

Tabel 4.7 Klasifikasi Kelerengan

Kelerengan (%)	Kelas Lereng	Satuan Morfologi	Skor
0 - 8 %	Datar	Dataran	1
8 - 15 %	Landai	Perbukitan berelief halus	2
15 - 25 %	Agak Curam	Perbukitan berelief sedang	3
25 - 45 %	Curam	Perbukitan berelief kasar	4
> 45 %	Sangat Curam	Perbukitan berelief sangat kasar	5

Setelah dilakukan klasifikasi, dilanjutkan dengan proses *layouting* sehingga didapatkan hasil seperti berikut.



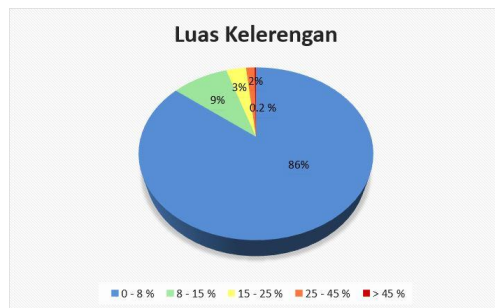
Gambar 4.7 Peta Kelerengan

Potensi longsor akan meningkat seiring dengan bertambahnya kemiringan lereng pada suatu wilayah. Kemiringan lereng yang hampir tegak lurus mengakibatkan banyak lereng yang tidak stabil.

Luas masing-masing hasil klasifikasi ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Luas Kelerengan

Kelerengan	Luas (ha)	%
0 - 8 %	169429	85.71
8 - 15 %	18428.2	9.32
15 - 25 %	6561.86	3.32
25 - 45 %	2824.31	1.43
> 45 %	432.704	0.22



Gambar 4.8 Luas Kemiringan Lereng

Pada tabel 4.6 dapat diketahui bahwa kemiringan lereng tertinggi berada pada kategori datar yakni 0-8% seluas 169.429 ha atau setara dengan 85,71% luas wilayah Kabupaten Tuban. Sedangkan untuk kemiringan lereng terendah berada pada >45% seluas 432,7 ha. Hal tersebut

menunjukkan bahwa dalam kategori kelerengan, Kabupaten Tuban secara umum berada dalam tingkat landau.

4.3.4 Peta Tutupan Lahan

Tutupan lahan pada suatu wilayah akan memberikan pengaruh pada potensi longsor jika penggunaan lahan tersebut tidak sesuai dengan semestinya.

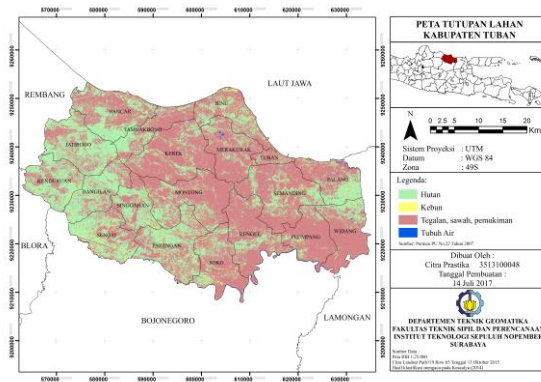
- Peta Tutupan Lahan (Landsat)

Tutupan lahan diperoleh dari citra satelit resolusi menengah Landsat 8 *path* 119 *row* 65 dengan akuisisi tanggal 13 Oktober 2015 yang didapatkan dari *website earthexplorer.usgs.gov* yang telah dilakukan koreksi radiometrik sebelumnya. Interpretasi digital dilakukan dengan metode *Supervised Classification: Maximum Likelihood* dengan matriks konfusi sebesar 80,19%. Proses klasifikasi dilakukan dengan referensi Kesaulya, 2014 (mengacu pada Permen PU No.22 tahun 2007 dan Nugroho Jefri,2009) seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.9 Klasifikasi Tutupan Lahan

Tutupan lahan	Skor
Tubuh Air	1
Hutan	2
Kebun	3
Tegalan, sawah, pemukiman	4

Setelah proses klasifikasi dilakukan, selanjutnya adalah dengan melakukan *layouting* hingga dihasilkan seperti gambar berikut.

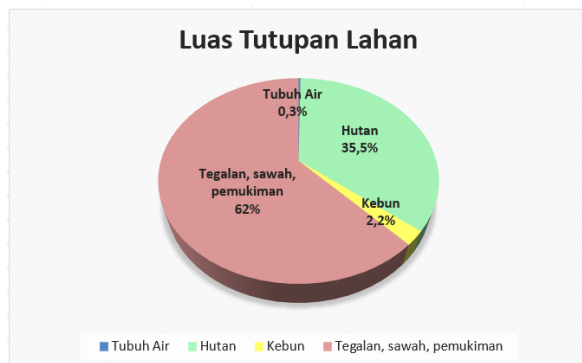


Gambar 4.9 Peta Tutupan Lahan

Luas masing-masing kelas pada hasil klasifikasi yang didapatkan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Luas Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	Luas (ha)	%
Tubuh Air	507.7	0.26
Hutan	70257.6	35.52
Kebun	4325.6	2.19
Tegalan, sawah, pemukiman	122688.0	62.03



Gambar 4.10 Luas Tutupan Lahan

Dari hasil pengolahan tutupan lahan didapatkan kelas dengan nilai tertinggi adalah tegalan, sawah, dan pemukiman dengan prosentase sebesar 62% dari luas Kabupaten Tuban atau setara dengan 122.688 ha. Kemudian disusul dengan hutan dengan luas wilayah 70.257 ha, kebun seluas 4.325 ha, dan tubuh air seluas 507.7 ha.

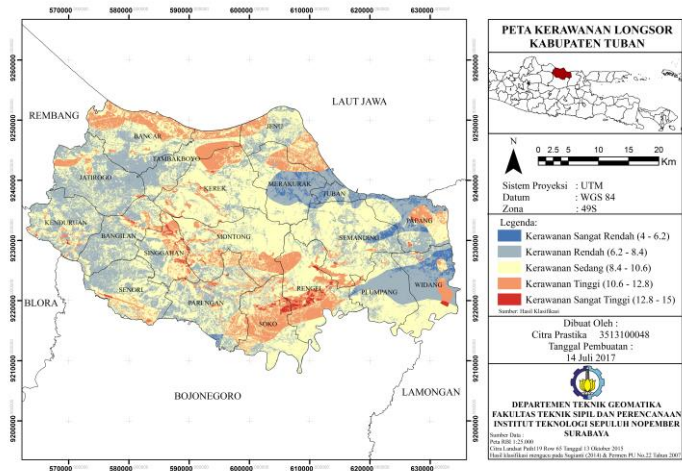
4.4 Peta Kerawanan Longsor

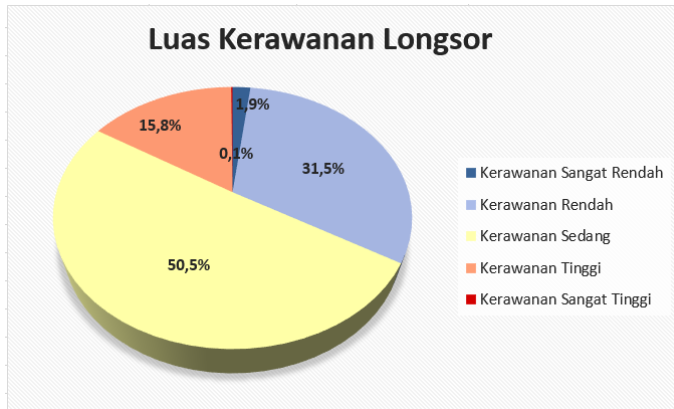
Peta kerawanan longsor dibuat dari beberapa parameter. Metode yang digunakan menentukan parameter yang akan digunakan. Dalam penelitian ini digunakan metode Storie yang membutuhkan data hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan tutupan lahan dalam penyusunannya, dimana penentuan parameter tersebut mengacu pada Pedoman Penyusunan Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor (KEMENPU, 2007).

Data yang diperoleh di-*overlay* kemudian diterapkan tools intersect untuk dilanjutkan pada proses skoring dan klasifikasi ulang sesuai dengan interval yang ditentukan dengan rumus seperti berikut.

$$interval = \frac{\text{nilai maksimum} - \text{nilai minimum}}{\text{banyak kelas}}$$

Dari perhitungan interval tersebut didapatkan rentang nilai masing-masing kelas sepanjang 2,2 hingga didapatkan hasil klasifikasi dalam 5 kelas seperti berikut.

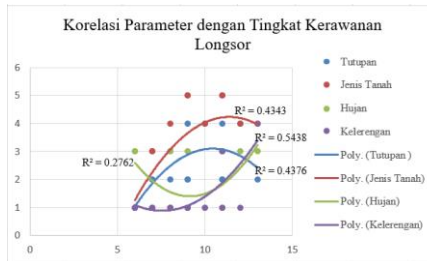




Gambar 4.12 Luas Kerawanan Longsor

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa Kabupaten Tuban didominasi oleh kelas kerawanan sedang sebesar 50,5% wilayah Tuban atau setara dengan 99.519,9 ha. Disusul dengan kelas kerawanan rendah dengan luas sebesar 62.136,5 ha, kerawanan tinggi dengan luas 31.218,3 ha, kerawanan sangat rendah seluas 62.136,5 ha dan kerawanan sangat tinggi seluas 268.537 ha pada sebagian Kecamatan Kenduruan, Kecamatan Bangilan, Kecamatan Singgahan, Kecamatan Senori, Kecamatan Kerek, Kecamatan Jatirogo, Kecamatan Soko, Kecamatan Rengel, Kecamatan Widang, Kecamatan Palang, dan Kecamatan Semanding. Beberapa kecamatan yang terkategori memiliki kerawanan sangat tinggi perlu diberikan perhatian secara khusus agar tidak menimbulkan hal-hal yang merugikan di kemudian hari.

4.5 Korelasi Antar Parameter Kerawanan Longsor



Gambar 4.13 Korelasi Parameter dengan Tingkat Kerawanan Longsor

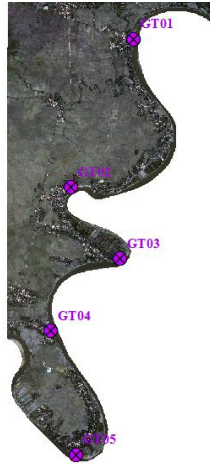
Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa besar korelasi parameter longsor dengan tingkat kerawanan longsor dari rendah ke tinggi berturut-turut adalah curah hujan sebesar 0.06, tutupan lahan sebesar 0.49, jenis tanah sebesar 0.59, serta kelerengan sebesar 0.63.

4.6 Groundtruth (validasi data)

Parameter groundtruth yang digunakan dalam pendukung analisa penelitian ini adalah hasil penerapan algoritma NDVI, penerapan algoritma NDWI, hasil pengujian laboratorium kadar air dan tekstur tanah. Berikut merupakan koordinat groundtruth yang telah diolah menggunakan *software* pengolah data GPS.

Tabel 4.12 Koordinat *Groundtruth* (terikat SRGI)

Nama Titik	Koordinat	
	X (m)	Y (m)
GT-01	612074.1	9218235
GT-02	611099.3	9215903
GT-03	611863.4	9214776
GT-04	610775.1	9213639
GT-05	611172.2	9211690



Gambar 4.14 Titik *Groundtruth*

Sejumlah 5 titik *groundtruth* diletakkan pada tiap-tiap *myander* di tepian Sungai Bengawan Solo dimana penentuan titik *groundtruth* tersebut mengacu pada riwayat kejadian longsor di daerah tersebut. BNPB mencatat adanya kejadian longsor pada tepian Sungai Bengawan Solo dengan koordinat 112.015BT dan -7.071LS yang mengakibatkan terputusnya jalur jalan desa sepanjang 300m dengan kedalaman 3m.

Pengambilan *sample* tanah (untuk pengujian kadar air dan tekstur tanah) dilakukan pada bagian *disturb land* (tanah terganggu/permukaan tanah) dengan menggunakan pipa paralon yang ditancapkan sedalam ± 30 cm pada tanah. Masing-masing *sample* tanah diambil sekitar 1kg agar dapat dilakukan pengujian pada *sample* tanah. Sedangkan untuk pengambilan citra foto dilakukan dengan menggunakan Phantom 3 Advance yang diterbangkan sekitar 150m diatas titik *groundtruth*.

Jika disesuaikan dengan hasil klasifikasi hingga terbentuk peta kerawanan longsor seperti pada gambar 4.14 titik *groundtruth* berada pada tingkat kerawanan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

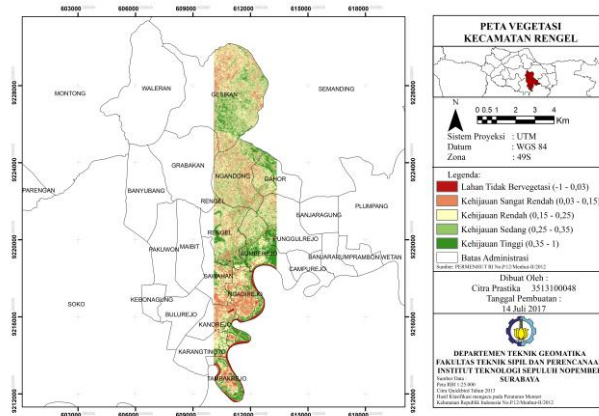
Tabel 4.13 Klasifikasi kerawanan titik *groundtruth*

Nama Titik	Klasifikasi Kerawanan
GT-01	Kerawanan Tinggi
GT-02	Kerawanan Sedang
GT-03	Kerawanan Sangat Rendah
GT-04	Kerawanan Sangat Rendah
GT-05	Kerawanan Sedang

Kebenaran hasil klasifikasi tersebut akan disesuaikan dengan beberapa parameter pendukung *groundtruth* yakni vegetasi, kadar air, dan tekstur tanah.

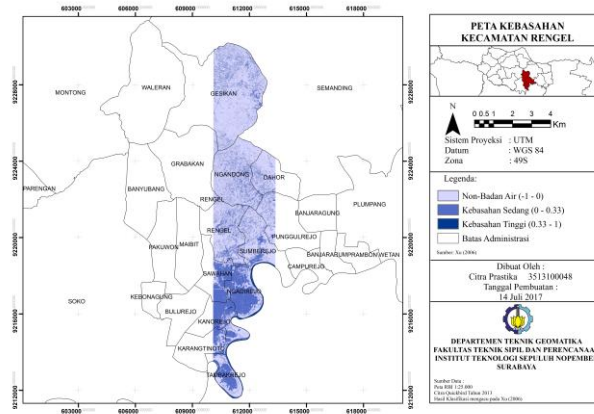
4.6.1 Peta Vegetasi dan Peta Kebasahan

Peta vegetasi diperoleh dengan menerapkan algoritma NDVI pada citra tegak yang telah diproses pada tahap sebelumnya. Dihasilkan 5 kelas dalam pengerjaannya yakni lahan tidak bervegetasi, kehijauan sangat rendah, kehijauan rendah, kehijauan sedang, dan kehijauan tinggi, dimana penentuan tersebut mengacu pada Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (Peraturan Menteri Kehutanan, 2012) hingga menghasilkan peta seperti berikut.



Gambar 4.15 Peta Vegetasi

Peta kebasahan diperoleh dengan menerapkan algoritma NDWI pada citra tegak yang telah diproses pada tahap sebelumnya. Proses klasifikasi menghasilkan 3 kelas yakni non-badan air, kebasahan sedang, dan kebasahan tinggi, dimana penentuan kelas tersebut mengacu pada Xu (2006, merujuk ke MNDWI) hingga dihasilkan seperti berikut.



Gambar 4.16 Peta Kebasahan

4.6.2 Kadar Air

Pengujian kadar air dalam tanah dilakukan pada Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tuban dengan metode pengujian mengacu pada SNI 1965:2008. Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kadar Air

Nama Titik	Kadar Air (%)
GT-01	75.22
GT-02	57.17
GT-03	42.55
GT-04	37.17
GT-05	37.67

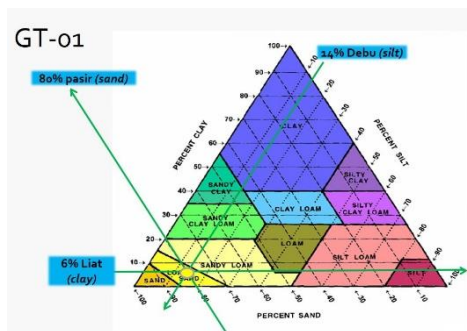
Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa kadar air terbanyak berada pada GT-01 sebesar 75,22%. Urutan kadar air terbanyak ke terendah

setelah GT-01 berurutan adalah GT-02 dengan 57,17%, GT-03 dengan 42,55%, GT-05 dengan 37,67% dan GT-04 dengan 37,17%.

4.6.3 Tekstur Tanah

Pengujian tekstur tanah yang dilakukan pada Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Teknik Sipil – ITS dengan menggunakan metode ayakan dan *hydrometer* yang mengacu pada Pedoman Penyelidikan dan Pengujian Tanah Dasar untuk Pekerjaan Jalan (Departemen Pekerjaan Umum, 2006). Pengujian tanah tersebut dilakukan berdasarkan analisis ukuran butir untuk mengetahui fraksi penyusun tanah. Hasil pengujian tekstur tanah pada masing- masing titik *groundtruth* dapat dilihat pada gambar berikut.

- GT-01



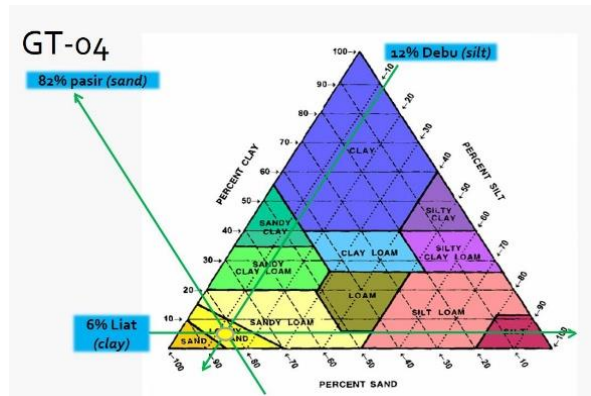
Gambar 4.17 Tekstur Tanah GT-01

Pada titik GT-01 pengujian terhadap tekstur tanah menghasilkan 80,2% pasir (*sand*), 13,9% debu (*silt*), dan 5,9% tanah liat/lempung (*clay*). Menurut segitiga USDA (1999) presentase tersebut termasuk tekstur tanah pasir berlempung (*loamy sand*).

- GT-02

Pada titik GT-03 pengujian terhadap tekstur tanah menghasilkan 79,44% pasir (*sand*), 14,19% debu (*silt*), dan 6,38% tanah liat/lempung (*clay*). Menurut segitiga USDA (1999) presentase tersebut termasuk tekstur tanah pasir berlempung (*loamy sand*).

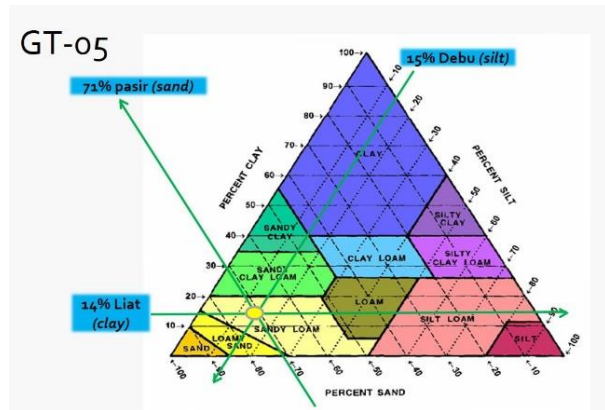
- GT-04



Gambar 4.20 Tekstur Tanah GT-04

Pada titik GT-04 pengujian terhadap tekstur tanah menghasilkan 81,93% pasir (*sand*), 12,19% debu (*silt*), dan 5,88% tanah liat/lempung (*clay*). Menurut segitiga USDA (1999) presentase tersebut termasuk tekstur tanah pasir berlempung (*loamy sand*).

- GT-05



Gambar 4.21 Tekstur Tanah GT-05

Pada titik GT-05 pengujian terhadap tekstur tanah menghasilkan 70,68% pasir (*sand*), 15,18% debu (*silt*), dan 14,14% tanah liat/lempung (*clay*). Menurut segitiga USDA (1999) presentase tersebut termasuk tekstur tanah lempung berpasir (*sandy loam*).

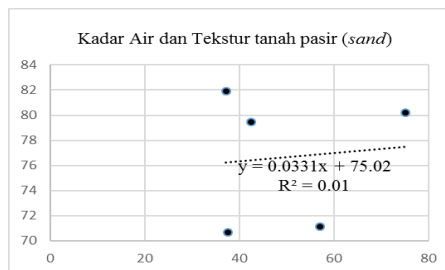
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Tekstur Tanah

Nama Titik	Tekstur Tanah			Kategori (USDA)
	Sand	Silt	Clay	
GT-01	80.20	13.90	5.90	Pasir berlempung (<i>loamy sand</i>)
GT-02	71.14	11.22	17.65	Lempung berpasir (<i>sandy loam</i>)
GT-03	79.44	14.19	6.38	Pasir berlempung (<i>loamy sand</i>)
GT-04	81.93	12.19	5.88	Pasir berlempung (<i>loamy sand</i>)
GT-05	70.68	15.18	14.14	Lempung berpasir (<i>sandy loam</i>)

Menurut Hanafiah (2005) tekstur tanah menunjukkan komposisi tanah penyusun yang dinyatakan sebagai perbandingan proporsi (%) relatif antara fraksi pasir (*sand*)

berdiameter 2,00 – 0,20 mm, debu (*silt*) berdiameter 0,20 – 0,002 mm dan liat (*clay*) (< 2 mikrometer). Partikel berukuran >2 mm seperti kerikil dan bebatuan kecil yang sebenarnya tidak tergolong sebagai fraksi tanah, harus diperhitungkan dalam perhitungan tekstur tanah. Pengambilan sampel tanah berada pada bagian *disturb land* (sekitar 20 cm dari permukaan tanah ke bagian dalam) sehingga terdapat beberapa material yang sangat jelas berbeda ukuran dengan pasir (secara kasat mata) seperti batu/kerikil, keong, akar tanaman, dan sebagainya. Dalam pengujian tanah material tersebut ikut terhitung dalam kategori >2,00 mm.

Berdasarkan klasifikasi ukuran, jumlah, dan luas permukaan fraksi-fraksi tanah menurut Sistem USDA (1999) menerangkan bahwa semakin kecil ukuran partikel berarti semakin banyak jumlah dan semakin luas permukaannya per satuan bobot tanah. Hal ini berarti semakin besar ukuran partikel maka semakin banyak pori-pori mikro yang terbentuk.

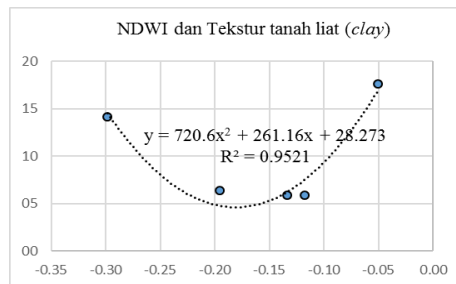


Gambar 4.22 Korelasi Kadar Air dan Tekstur Tanah Pasir (*Sand*)

Dominasi fraksi pasir akan menyebabkan terbentuknya sedikit pori-pori makro, sehingga luas permukaan yang disentuh menjadi sangat sempit, dan

sehingga daya pegang terhadap air sangat lemah. Kondisi ini menyebabkan air dan udara mudah masuk-keluar tanah, hanya sedikit yang tertahan (Hanafiah, 2005). Pasir juga merupakan penghalang dari pengaruh-pengaruh yang berbahaya akibat keterbukaan langsung terhadap sinar matahari bagi setiap organisme yang hidup di pasir, karena pasir berwarna kusam dan tak tembus cahaya serta memantulkan atau menyerap cahaya di lapisan permukaan.

Dominasi fraksi liat akan menyebabkan terbentuknya banyak pori-pori mikro, sehingga luas permukaan menjadi sangat luas, sehingga daya pegang terhadap air sangat kuat. Kondisi ini menyebabkan air yang ke masuk pori-pori segera terperangkap dan udara sulit masuk.



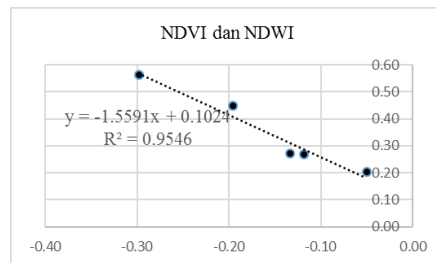
Gambar 4.23 Korelasi NDWI dan Tekstur Tanah Liat (Clay)

Fraksi lumpur ukuran partikelnya sangat halus menyebabkan air di dalam sedimen tidak mengalir keluar dan tertahan di dalam substrat. Lamanya waktu penyimpanan air, disertai dengan amat jaranganya pergantian air dan populasi bakteri internal yang tinggi, biasanya menghasilkan menurunnya kadar oksigen di dalam sedimen (Hanafiah, 2005). Kondisi anaerobik ini tersebar merata sehingga lumpur banyak mengakumulasi

bahan organik, yang berarti bahwa tersedia cukup banyak makanan yang potensial untuk organisme.

Dominasi fraksi debu akan menyebabkan terbentuknya pori-pori meso dalam jumlah sedang, sehingga luas situs sentuhnya menjadi cukup luas dan menghasilkan daya pegang terhadap air yang cukup kuat. Hal ini menyebabkan air dan udara cukup mudah masuk-keluar tanah, sebagian air akan tertahan. Dilapangan, sebagian besar ruang pori terisi oleh udara dan air dalam jumlah yang seimbang (Hanafiah, 2005). Fraksi debu biasanya berasal dari mineral yang cepat lapuk yang mana pada saat pelapukannya akan membebaskan sejumlah hara, sehingga tanah bertekstur debu umumnya lebih subur dibandingkan dengan tanah bertekstur pasir.

Tekstur tanah dan kedalamannya mempengaruhi kandungan bahan organik yang ada pada tanah. Semakin tingginya liat maka semakin tinggi bahan organik. Sedangkan untuk tanah berpasir dimungkinkan terjadinya oksidasi yang baik sehingga bahan organik dalam tanah cepat habis. Adanya bahan organik pada tanah akan mempengaruhi peningkatan kemampuan menahan air, pelarutan sejumlah hara dari mineral, serta meningkatnya kegiatan dekomposisi bahan organik.



Gambar 4.24 Korelasi NDVI dan NDWI

Selain tekstur tanah dan kadar air dalam tanah, vegetasi juga berperan penting dalam mengendalikan stabilitas tanah. Keberadaan pohon di sepanjang tebing sangat mempengaruhi stabilitas tebing melalui fungsi perakaran yang melindungi tanah sehingga mempengaruhi ketahanan geser (*shear strength*) tanah (Hanafiah, 2005). Besarnya ketahanan geser tanah ditentukan oleh karakteristik sifat fisik tanah (yang meliputi kandungan liat dan debu, porositas, dan kadar air).

Hasil parameter *groundtruth* yang telah didapatkan selanjutnya digabungkan dengan hasil algoritma NDVI pada masing-masing titik *groundtruth*. Melalui proses penggabungan tersebut didapatkan informasi seperti berikut.

Tabel 4.16 Hasil *groundtruth*

Nama Titik	NDWI	NDVI	Kadar Air	Tekstur Tanah				Klasifikasi Kerawanan
				<i>Sand</i> (pasir)	<i>Silt</i> (debu)	<i>Clay</i> (liat)	Kategori (USDA)	
GT-01	0.12	0.27	75.22	80.2	13.9	5.9	Pasir berlempung	Kerawanan Tinggi
GT-02	0.07	0.20	57.17	71.1	11.2	17.6	Lempung berpasir	Kerawanan Sedang
GT-03	0.10	0.45	42.55	79.4	14.2	6.4	Pasir berlempung	Kerawanan Sangat Rendah
GT-04	0.07	0.27	37.17	81.9	12.2	5.9	Pasir berlempung	Kerawanan Sangat Rendah
GT-05	0.09	0.56	37.67	70.7	15.2	14.1	Lempung berpasir	Kerawanan Sedang

Jika dilihat dari sifat fisik tanah (tekstur tanah dan kadar air) serta adanya vegetasi pada titik *groundtruth*, GT-01 memiliki potensi yang begitu besar (dibandingkan dengan titik *groundtruth* lain) untuk terjadi suatu longsor. Dengan kandungan fraksi pasir 80,2%, debu 13,9%, dan liat 5,9%, mengacu pada USDA (1999), tanah pada GT-01 memiliki kategori pasir berlempung. Dengan nilai NDWI sebesar 0,12 yang mengartikan bahwa terdapat kandungan air dalam GT-01 sehingga dimungkinkan adanya suatu vegetasi yang tumbuh pada titik tersebut yang juga

diperkuat dengan nilai NDVI sebesar 0.27. Kadar air dalam GT-01 memiliki kategori yang cukup tinggi yakni 75,22% yang mana hal tersebut merupakan pemicu terjadinya longsoran. Jika terjadi peningkatan kandungan air dalam tanah (seperti meresapnya air hujan, air sungai yang meluap, air sawah/kolam yang bocor), akan terjadi akumulasi air yang semakin merenggangkan ikatan antar butir tanah yang pada akhirnya akan mendorong butir-butir tanah untuk longsor.

Hal tersebut semakin menguatkan bahwa dari ke-5 titik *groundtruth* yang telah ditentukan sebelumnya, titik GT-01 memiliki kerawanan yang lebih tinggi terjadi longsor dibandingkan dengan titik *groundtruth* yang lain, dimana titik GT-01 merupakan titik longsor yang pernah tercatat pada riwayat kejadian longsor BNPB.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, berikut adalah kesimpulan yang penulis dapatkan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

- a. Didapatkan 5 kelas kerawanan longsor yakni sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Kerawanan sangat rendah dengan 1,9 % dari luas total wilayah Tuban, kerawanan rendah dengan 31,5%, kerawanan sedang dengan luas sebesar 50,5%, kerawanan tinggi dengan 15,8%, dan kerawanan sangat tinggi dengan 0,1%.
- b. Kabupaten Tuban didominasi oleh tingkat kerawanan sedang dengan luas 99.519,9 ha, sedangkan untuk tingkat kerawanan sangat tinggi hanya seluas 268,537 ha pada sebagian Kecamatan Kenduruan, Kecamatan Bangilan, Kecamatan Singgahan, Kecamatan Senori, Kecamatan Kerek, Kecamatan Jatirogo, Kecamatan Soko, Kecamatan Rengel, Kecamatan Widang, Kecamatan Palang, dan Kecamatan Semanding.
- c. Dari ke-5 titik *groundtruth* yang diteliti, titik GT-01 memiliki kerawanan longsor yang lebih tinggi dibandingkan dengan titik *groundtruth* yang lain. GT-01 berada pada tingkat kerawanan sedang dimana titik ini berada 1-2 tingkat lebih tinggi dibandingkan GT-02, GT-03, GT-04, dan GT-05.

5.1 Saran

Saran yang bisa diberikan untuk penelitian selanjutnya pada bidang terkait adalah :

- a) Penggunaan citra satelit multilevel yang memiliki bulan akuisisi yang sama, atau pada waktu yang hampir berdekatan.
- b) Penggunaan citra satelit yang memiliki band sesuai dengan kebutuhan. Dalam penelitian ini digunakan Citra SPOT yang hanya memiliki band Red, Green, Blue yang menyebabkan kurang maksimalnya penulis dalam mengolah data yang didapatkan. Diharapkan dalam penelitian selanjutnya digunakan citra satelit sesuai dengan band yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H, Z. 2002. Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.
- Abidin, H, Z. 2006. Penentuan Posisi dengan GPS. Jakarta: PT Pradnya Paramitha.
- Anjasmara, I, M. 2005. Hitung Kerangka Geodesi. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika.
- Arozaq, M. 2008. Penginderaan Jauh (Remote Sensing). Semarang.
- Arrafad, R. 2014. SIG Berbasis Web untuk Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah. Jurnal Teknik ITS Vol.4.
- Astrini, R., dan Oswald, P. 2012. Modul Pelatihan Quantum GIS untuk Pemetaan Evaluasi Tsunami. Mataram.
- Badan Geologi. 2010. Gerakan Tanah. Bandung. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana (BAKORNASNPB). 2007. Pengenalan Karakteristik Bencana Di Indonesia dan Upaya Mitigasinya. Edisi II. Jakarta: Direktorat Mitigasi, Lakhari Bakornas PB.
- Barus B, Wiradisastra U. S. 2000. Sistem Informasi Geografi – Sarana Manajemen Sumberdaya. Bogor: Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Badan Informasi Geospasial. 2016. Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang. Bogor: Sekretariat BIG.
- Corporation, Satellite Imaging. Retrieved from <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/spot-6/>.

- Departemen Pekerjaan Umum. 2006. Pedoman Penyelidikan dan Pengujian Tanah Dasar untuk Pekerjaan Jalan Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Effendi, A. Y. 2015. Pembuatan Peta Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic (Studi Kasus: Kabupaten Probolinggo). Jurnal Teknik ITS.
- Hakim. 1986. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung Press. Lampung.
- Hanafiah, K, A. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Rajagrafindo Persada: Jakarta.
- Hasyim, A. 2009. Menentukan Titik Kontrol Tanah (GCP) dengan Menggunakan Teknik GPS dan Citra Satelit untuk Perencanaan Perkotaan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Isti, Adhina Yura. 2013. Pemetaan Zonasi Kerentanan Banjir di Kabupaten Sragen Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Penginderaan Jauh dan SIG Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2007. Pedoman Pembuatan Peta Rawan Longsor dan Banjir Bandang Akibat Runtuhnya Bendungan Alam.
- Kesaulya H, dkk. 2016. Perencanaan Mitigasi Bencana Longsor di Kota Ambon. Jurnal Perencanaan Wilayah & Kota Universitas Sam Ratulangi Manado, 228-235.
- LAPAN. 2010. Pengembangan Metoda Pengolahan Orthorektifikasi Data Landsat untuk Mendukung INCAS Berkelanjutan, Jakarta Timur: Bidang Produksi Data Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN.

- LAPAN. 2016. LAPAN. Retrieved from Data Citra Satelit History: <http://pusfatekgan.lapan.go.id/wp-content/uploads/2015/02/Informasi-Satelit-QB.pdf>
- Lillesand dan Kiefer. 1997. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Dulbahri (Penerjemah). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Martha, S. 2004. Buku Panduan Membaca Peta Rupabumi Indonesia. Pusat Pelayanan Jasa dan Informasi Bakosurtanal.
- Martin, S. 2004. An Introduction To Ocean Remote Sensing. Cambridge University.
- Maselino, A. 2002. Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis.
- Menteri Kehutanan. 2012. Peraturan Menteri Kehutanan Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.32/Menhut-II/2009 Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (Rtk RHL-DAS). Jakarta.
- Pentury, R. 1997. Algoritma pendugaan Konsentrasi klorofil di perairan teluk ambon menggunakan citra Landsat TM. Program studi Teknik Kelautan Program Pasca Sarjana IPB : Bogor.
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15. 2014. Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Bogor: Badan Informasi Geospasial.
- Purnama A, 2008. Pemetaan Kawasan Rawan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Cisadane Menggunakan Sistem Informasi Geografis. skripsi. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

- Purwadhi, F. 2001. Interpretasi Citra Digital. Jakarta : Grasindo
- Putri, A. R. 2015. Identifikasi Daerah Rawan Tanah Longsor Menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis). Jurnal Teknik ITS.
- Situs Resmi Kabupaten Tuban.
(<http://tubankab.go.id/np/geografi> diakses pada tanggal 3 Desember 2016)
- Sugianti K, dkk. 2014. Pengklasan Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode Storie. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI: Bandung.
- Sugiono. 2007 Hipotesis Statistik. Universitas Pendidikan Indonesia.
- USDA. Second Edition, 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. U.S. Government Printing Office Washington, DC.
- USGS. 2014. USGS. Retrieved from Landsat 8 History: https://landsat.usgs.gov/about_ldcm.php
- Xu, H. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. Int. J. Remote Sens. 2006, 27, 3025–3033.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Citra Prastika, dilahirkan di Pasuruan, pada tanggal 21 September 1995. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyah Bustanul Athfal II, SDN Kejapanan 2, SMPN 1 Beji, dan SMAN 1 Bangil. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan kuliah S-1 di Teknik Geomatika, FTSP, ITS pada tahun 2013 terdaftar dengan NRP 3513100048.


Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif berorganisasi dan mengikuti kepanitian ditingkat departemen, fakultas, dan institut. Organisasi yang pernah diikuti oleh penulis diantaranya Bendahara II HIMAGE-ITS 14/15, dan Bendahara I HIMAGE-ITS 15/16. Untuk menyelesaikan studi S-1, penulis memilih bidang keahlian Geospasial, dengan judul tugas akhir “Analisis Bencana Longsor Lahan di Kabupaten Tuban Melalui Pengolahan Citra Satelit Multilevel Untuk Pembuatan Peta Potensi Longsor”.

Lampiran

Lampiran 1. Tabel Rekapitulasi Data Survey

Nama Titik	Koordinat																NDWI	NDVI	Parameter			
	Citra								Lapangan										Kadar Air	Tekstur Tanah		
	X	Y	Lintang			Bujur			X	Y	Lintang			Bujur						Sand (pasir)	Silt (debu)	Clay (liat)
			o	'	"	o	'	"			o	'	"	o	'	"						
GT-01	612081.558	9218254.27	7	4	16.44	112	0	53.52	612078.4525	9218234.885	7	4	17.06	112	0	53.28	0.12	0.27	75.2	80.20	13.90	5.90
GT-02	611100.418	9215900.093	7	5	33.16	112	0	21.7	611103.6175	9215903.052	7	5	33.05	112	0	21.67	0.07	0.2	57.2	71.14	11.22	17.65
GT-03	611940.552	9214806.811	7	6	8.701	112	0	49.16	611867.6925	9214775.977	7	6	9.698	112	0	46.65	0.10	0.45	42.6	79.44	14.19	6.38
GT-04	610798.551	9213619.816	7	6	47.43	112	0	12.02	610779.3935	9213638.819	7	6	46.8	112	0	11.26	0.07	0.27	37.2	81.93	12.19	5.88
GT-05	611261.08	9211674.094	7	7	50.75	112	0	27.24	611176.4635	9211689.356	7	7	50.25	112	0	24.34	0.09	0.56	37.7	70.68	15.18	14.14
GCP01	611406.938	9212054.894	7	7	38.34	112	0	31.97	611415.0625	9212055.26	7	7	38.32	112	0	32.09						
GCP02	610493.373	9215150.206	7	5	57.62	112	0	1.969	610493.7655	9215153.548	7	5	57.5	112	0	1.841						
GCP03	612402.246	9216338.345	7	5	18.8	112	1	4.104	612407.1645	9216339.387	7	5	18.75	112	1	4.124						
GCP04	610386.673	9219113.001	7	3	48.6	11	59	58.21	610388.3905	9219113.217	7	3	48.58	111	59	58.13						
GCP05	612760.459	9220377.713	7	3	7.253	112	1	15.49	612762.5285	9220378.888	7	3	7.202	112	1	15.42						
GCP06	613196.754	9223709.207	7	1	18.75	112	1	29.47	613208.4405	9223709.584	7	1	18.72	112	1	29.71						
GCP07	610395.465	9223937.350	7	1	11.52	111	59	58.16	610415.7845	9223937.052	7	1	11.51	111	59	58.69						
GCP08	610712.749	9227574.592	6	59	13.06	112	0	8.251	610728.3145	9227575.156	6	59	13.03	112	0	8.617						
ICP01	611261.08	9211674.094	7	7	50.75	112	0	27.24	611176.4635	9211689.356	7	7	50.25	112	0	24.34						
ICP02	610443.083	9213279.471	7	6	58.54	112	0	0.461	610453.8785	9213282.668	7	6	58.42	112	0	0.672						
ICP03	610798.551	9213619.816	7	6	47.43	112	0	12.02	610779.3935	9213638.819	7	6	46.8	112	0	11.26						
ICP04	611940.552	9214806.811	7	6	8.701	112	0	49.16	611867.6925	9214775.977	7	6	9.698	112	0	46.65						
ICP05	611100.418	9215900.093	7	5	33.16	112	0	21.7	611103.6175	9215903.052	7	5	33.05	112	0	21.67						
ICP06	612672.546	9216830.835	7	5	2.747	112	1	12.88	612664.9875	9216831.495	7	5	2.713	112	1	12.49						
ICP07	612081.558	9218254.27	7	4	16.44	112	0	53.52	612078.4525	9218234.885	7	4	17.06	112	0	53.28						
ICP08	611215.784	9219341.23	7	3	41.11	112	0	25.22	611217.0885	9219342.436	7	3	41.06	112	0	25.12						
ICP09	611217.425	9221431.077	7	2	33.06	112	0	25.13	611224.6875	9221431.059	7	2	33.05	112	0	25.22						
ICP10	611692.424	9224115.199	7	1	5.635	112	0	40.42	611717.0115	9224112.681	7	1	5.703	112	0	41.08						
ICP11	610664.709	9226190.041	6	59	58.15	112	0	6.781	610678.3295	9226189.472	6	59	58.15	112	0	7.085						
ICP12	611758.618	9229014.242	6	58	26.12	112	0	42.23	611768.9875	9229012.678	6	58	26.15	112	0	42.43						

Lampiran 2. Form Pengukuran GPS (GCP)

 <p>Departemen Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.</p>		<p>NAMA TITIK</p> <p>GCP 06</p>			
<p align="center">FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS</p>					
<p>Metode Pengukuran: Statik</p> <p>Lokasi : Dusun/Kmst: - Desa/Kec: Rengel Kab: Rengel Kab/Kota: Tuban Prov: Jawa Timur</p> <p>Waktu Pengamatan: Tanggal: 13 April 2017 Mulai: 12.52 WIB Akhir: 13.12</p> <p>Koordinat Pendek: L: 70° 1' 18.75" S: 1120° 1' 29.47" T: - Elipsoid: -</p> <p>Receiver: Topcon Hiper Pro Model: - S/N: -</p> <p>Antena: Topcon Hiper Pro Model: - S/N: -</p> <p>Tinggi Antena: Tegak sebelum: 1,54 m sesudah: 1,54 m</p>					
<p>Urutan Lokasi :</p>					
<p>SDN 3 Rengel</p>					
<p>Kemampakan Menonjol :</p>					
<p>Pokok bangunan</p>					
<p>Jalan ke Lokasi :</p>					
<p>Beraspal</p>					
<p>Transportasi & Akomodasi ke Lokasi :</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					
<p>Kendaraan Bermotor</p>					

Surveyor: Citra Prasika

Pemeriksa: -

Tahun: 2017

Foto Lokasi Ke Arah UTARA



Foto Lokasi Ke Arah TIMUR



Foto Lokasi Ke Arah SELATAN



Foto Lokasi Ke Arah BARAT





Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.

NAMA TITIK

ICP 12

FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS

Metode Pengukuran: Statik
Lokasi : Dusun/Km: - Desa/Kec: Rengel Kab/Kota: Tuban Prov: Jawa Timur
Waktu Pengamatan: Tanggal: 13 April 2017 Mulai: 12.52 WIB Akhir: 13.12
Koordinat Perekaman: L: 70° 1' 18.79" S: 1120° 1' 29.47" T: - Elipsoid: -
Receiver: Topcon Hiper Pro Model: - S/N: -
Antena: Topcon Hiper Pro Model: - S/N: -
Tinggi Antena: Tegak sebelum: 1.54 m sesudah: 1.54 m

Urutan Lokasi :

Gubuk di Kawasan Perhutani
Kemungkinan Menonjol :

Pokok pubuk
Jalan ke Lokasi :

Tanah berbata
Transportasi & Akomodasi ke Lokasi :

Kendaraan Bermotor

Sketsa Umum



Sketsa Detil

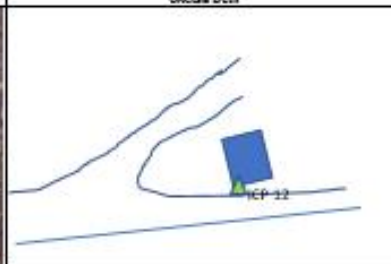


Foto Lokasi Tampak Dekat



Foto Lokasi Tampak Jauh



Surveyor:

Pemeriksa:

Tahun:

Foto Lokasi Ke Arah UTARA



Foto Lokasi Ke Arah TIMUR



Foto Lokasi Ke Arah SELATAN



Foto Lokasi Ke Arah BARAT



Lampiran 3. Hitungan SOF pada software pengolah data statistik

A =

```
[000000100000000000000;000000010000000000000;000000001000000000000;
00000000010000000000000;000000000010000000000;000000000001000000000;
0000000100-1000000000000;0000000100-10000000000;000000000100-10000000000;
000000000-1000000000000;0000000000-10000000000;00000000000-10000000000;
100000-100000000000000;0100000-100000000000000;00100000-1000000000000;
000100-100000000000000;0000100-100000000000000;00000100-1000000000000;
-100000100000000000000;0-100000100000000000000;0-1000001000000000000;
-100100000000000000000;0-100100000000000000000;0-1001000000000000000;
000-1001000000000000000;0000-10010000000000000;00000-10010000000000000;
000-1000001000000000000;0000-10000010000000000;00000-10000010000000000;
000100000-1000000000000;0000100000-10000000000;00000100000-10000000000;
000000000-100000100000;00000000000-10000010000;00000000000-1000001000;
0000000000100000-100000;00000000000100000-10000;000000000000100000-1000;
000000000000000-100000;0000000000000000-10000;0000000000000000-1000;
0000000000000000100000;000000000000000010000;00000000000000001000;
0000000000000100000000;000000000000010000000;000000000000001000000;
000000000000-100000000;00000000000000-10000000;000000000000000-1000000;
000000000000-100100000;00000000000000-10010000;000000000000000-1001000;
0000000000000100-100000;0000000000000100-10000;000000000000000100-1000;
000000000000000-100100;0000000000000000-10010;00000000000000000-1001;
00000000000000000100-100;00000000000000000100-10;00000000000000000100-1;
0000000000000100000-100;0000000000000100000-10;0000000000000100000-1]
```

AT = A'

B = AT*A

AI = inv(B)

ATR = trace(AI)

u = 45

SOF = ATR/u

Lampiran 4. Hasil Pengujian Tekstur Tanah

TUBAN

Mahasiswa Dimaika

ANALISA SARINGAN DAN HIDROMETER.

Klasifikasi
Profil Lokasi
Lokasi Material

TUBAN

Tanggal Tes
Dit. Oleh :

Sample No. 1										Sample No. 2										Sample No. 3										Sample No. 4										Sample No. 5									
Batas Atas										Batas Atas										Batas Atas										Batas Atas										Batas Atas									
No. Saringan										No. Saringan										No. Saringan										No. Saringan										No. Saringan									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter										Sieve Diameter									
No.										No.										No.										No.										No.									
Sieve Diameter										S																																							

Lampiran 5. Hasil Pengujian Kadar Air



PEMERINTAH KABUPATEN TUBAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN
Jalan Veteran Nomor 27 Tuban 62319 Telp./Fax.: (0356) 321026

LAPORAN HASIL UJI

No. : 01 / TNH / LHH / III / 2017

I. UMUM

1. Nama Pelanggan : Citra Praktika
2. Alamat : Jl Gebang No.80 Surabaya
3. Jenis Industri / Kegiatan Usaha : "
4. Jenis Contoh Uji : Tanah
5. Kode Pelanggan : 1
5. Rentang Waktu Pengujian : 20 s/d 21 Maret 2017

II. DATA PENGIRIMAN CONTOH UJI

1. Petugas Pengambil : Citra Praktika
2. Tanggal Pengambilan : 20 Maret 2017 / 10.30 WIB
3. Tanggal / Jam Penerimaan di Lab : 20 Maret 2017 / 12.00 WIB
4. Lokasi/ Titik Pengambilan : Ds. Sumberejo Kec. Rengel (DAS Bengawan Solo)

III. HASIL PENGUJIAN

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
1.	Kadar Air*	%	75,22	SNI 1965:2008

Tuban, 22 Maret 2017
Manajer Mutu,

ARWIN MUSTOFA, ST
Penatá Tk I
NIP. 19790214 200212 1 006



PEMERINTAH KABUPATEN TUBAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN
Jalan Veteran Nomor 27 Tuban 62319 Telp./Fax.: (0356) 321026

LAPORAN HASIL UJI

No. : 02 / TNH / LHU / III / 2017

I. UMUM

1. Nama Pelanggan : Citra Praktika
2. Alamat : Jl Gebang No.80 Surabaya
3. Jenis Industri / Kegiatan Usaha : -
4. Jenis Contoh Uji : Tanah
5. Kode Pelanggan : 2
5. Rentang Waktu Pengujian : 20 s/d 21 Maret 2017

II. DATA PENGIRIMAN CONTOH UJI

1. Petugas Pengambil : Citra Praktika
2. Tanggal Pengambilan : 20 Maret 2017 / 10.30 WIB
3. Tanggal / Jam Penerimaan di Lab : 20 Maret 2017 / 12.00 WIB
4. Lokasi/ Titik Pengambilan : Ds. Sumberejo Kec. Rengel (DAS Bengawan Solo)

III. HASIL PENGUJIAN

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
1.	Kadar Air	%	57,17	SNI 1965:2008

Tuban, 22 Maret 2017
Manajer Mutu,

ARWIN MUSTOFA, ST
Perfata Tk I
NIP. 19790214 200212 1 006



PEMERINTAH KABUPATEN TUBAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN
Jalan Veteran Nomor 27 Tuban 62319 Telp./Fax.: (0356) 321026

LAPORAN HASIL UJI

No. : 03 / TNH / LHU / III / 2017

I. UMUM

1. Nama Pelanggan : Citra Praktika
2. Alamat : Jl Gebang No.80 Surabaya
3. Jenis Industri / Kegiatan Usaha : -
4. Jenis Contoh Uji : Tanah
5. Kode Pelanggan : 3
5. Rentang Waktu Pengujian : 20 s/d 21 Maret 2017

II. DATA PENGIRIMAN CONTOH UJI

1. Petugas Pengambil : Citra Praktika
2. Tanggal Pengambilan : 20 Maret 2017 / 10.30 WIB
3. Tanggal / Jam Penerimaan di Lab : 20 Maret 2017 / 12.00 WIB
4. Lokasi/ Titik Pengambilan : Ds. Sumberejo Kec. Rengel (DAS Bengawan Solo)

III. HASIL PENGUJIAN

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
1.	Kadar Air	%	42,55	SNI 1965:2008

Tuban, 22 Maret 2017

Manajer Mutu,





PEMERINTAH KABUPATEN TUBAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN
Jalan Veteran Nomor 27 Tuban 62319 Telp./Fax.: (0356) 321026

LAPORAN HASIL UJI

No. : 04 / TNH / LHU / III / 2017

I. UMUM

1. Nama Pelanggan : Citra Praktika
2. Alamat : Jl Gebang No.80 Surabaya
3. Jenis Industri / Kegiatan Usaha : -
4. Jenis Contoh Uji : Tanah
5. Kode Pelanggan : 4
5. Rentang Waktu Pengujian : 20 s/d 21 Maret 2017

II. DATA PENGIRIMAN CONTOH UJI

1. Petugas Pengambil : Citra Praktika
2. Tanggal Pengambilan : 20 Maret 2017 / 10.30 WIB
3. Tanggal / Jam Penerimaan di Lab : 20 Maret 2017 / 12.00 WIB
4. Lokasi/ Titik Pengambilan : Ds. Sumberejo Kec. Rengel (DAS Bengawan Solo)

III. HASIL PENGUJIAN

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
1.	Kadar Air	%	37,17	SNI 1965:2008

Tuban, 22 Maret 2017
Manajer Mutu,

ARWIN MUSTOFA, ST
Penata Tk I
NIP. 19790214 200212 1 006





PEMERINTAH KABUPATEN TUBAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN
Jalan Veteran Nomor 27 Tuban 62319 Telp./Fax.: (0356) 321026

LAPORAN HASIL UJI

No. : 05 / TNH / LHU / III / 2017

I. UMUM

1. Nama Pelanggan : Citra Praktika
2. Alamat : Jl Gebang No.80 Surabaya
3. Jenis Industri / Kegiatan Usaha : -
4. Jenis Contoh Uji : Tanah
5. Kode Pelanggan : 5
5. Rentang Waktu Pengujian : 20 s/d 21 Maret 2017

II. DATA PENGIRIMAN CONTOH UJI

1. Petugas Pengambil : Citra Praktika
2. Tanggal Pengambilan : 20 Maret 2017 / 10.30 WIB
3. Tanggal / Jam Penerimaan di Lab : 20 Maret 2017 / 12.00 WIB
4. Lokasi/ Titik Pengambilan : Ds. Sumberejo Kec. Rengel (DAS Bengawan Solo)

III. HASIL PENGUJIAN

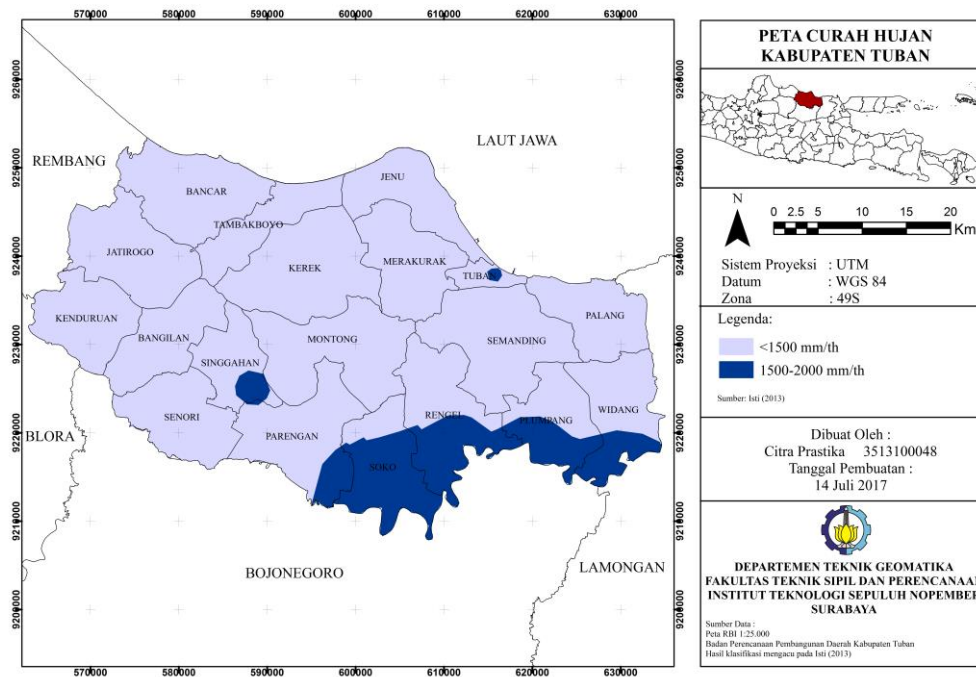
No.	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
1.	Kadar Air	%	37,57	SNI 1965:2008

Tuban, 22 Maret 2017
Manajer Mutu,

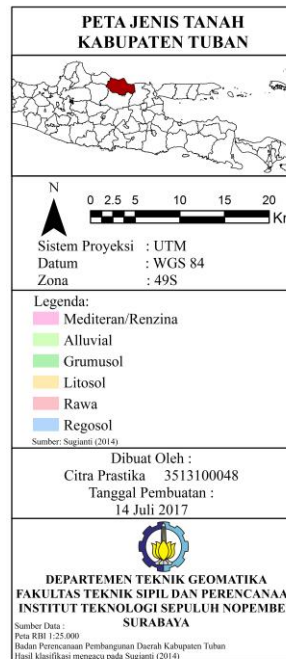
ARWIN MUSTOFA, ST
Petata TK I
NIP.19790214 200212 1 006



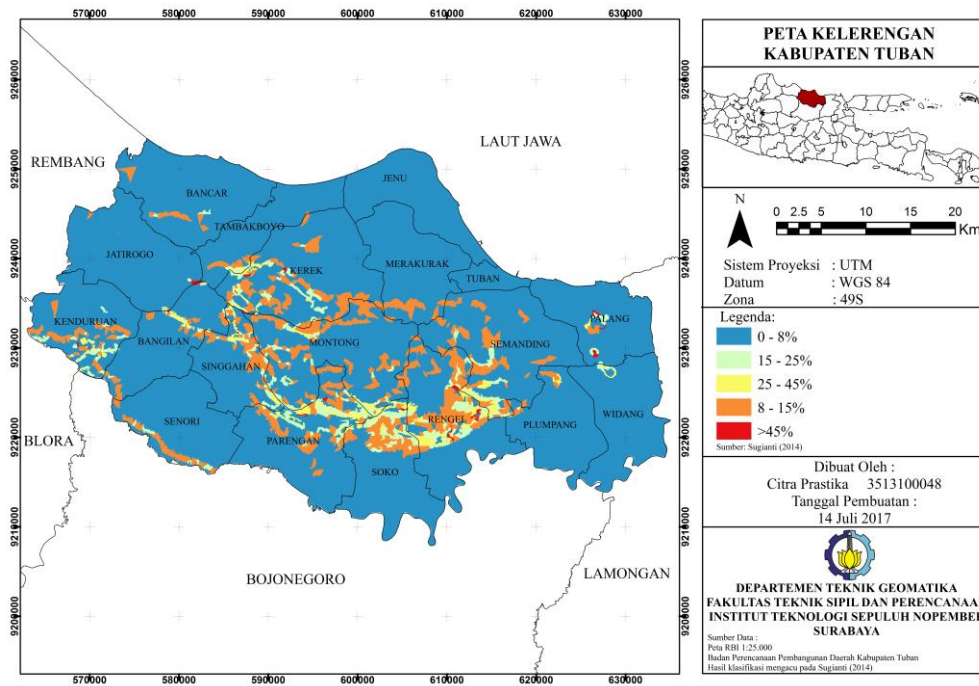
Lampiran 6. Peta Curah Hujan



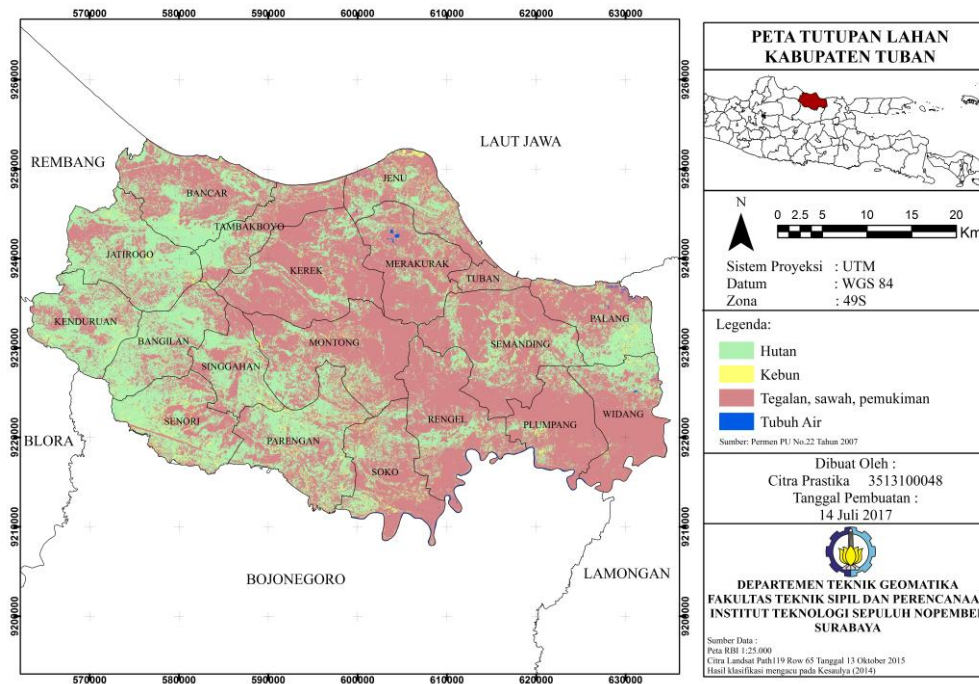
Lampiran 7. Peta Jenis Tanah



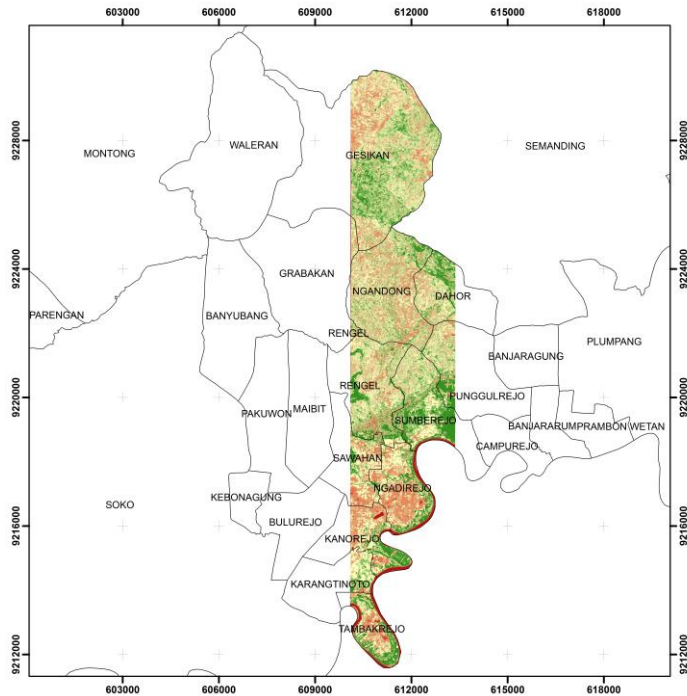
Lampiran 8. Peta Kelerengan



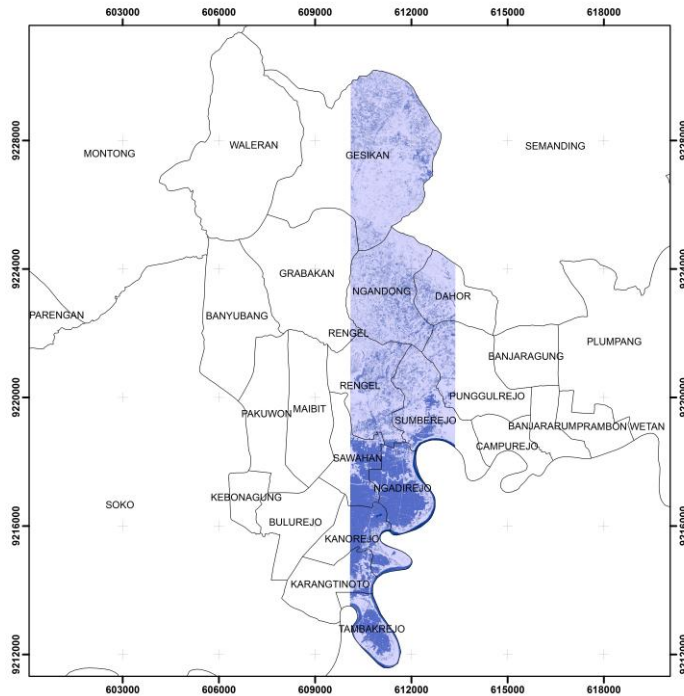
Lampiran 9. Peta Tutupan Lahan



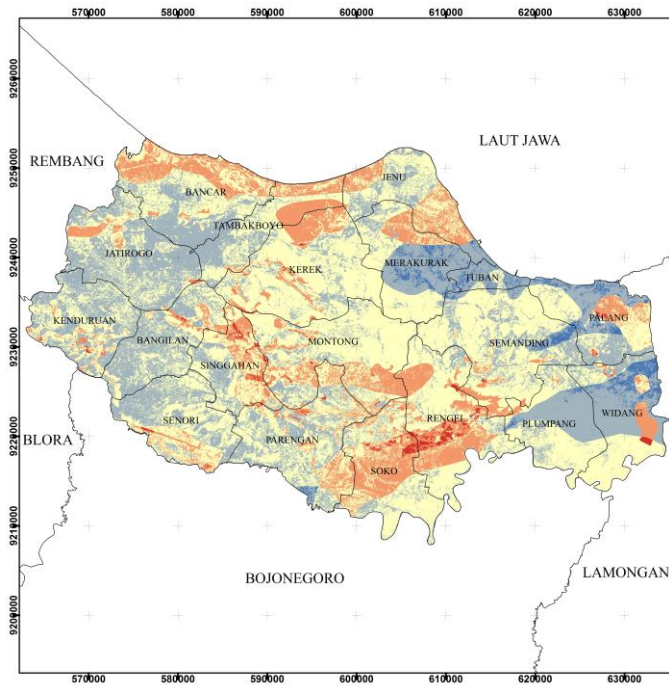
Lampiran 10. Peta Vegetasi



Lampiran 11. Peta Kebasahan



Lampiran 12. Peta Kerawanan Longsor



PETA KERAWANAN LONGSOR KABUPATEN TUBAN



0 2.5 5 10 15 20
Km

Sistem Proyeksi : UTM
Datum : WGS 84
Zona : 49S

Legenda:

- Kerawanan Sangat Rendah (4 - 6.2)
- Kerawanan Rendah (6.2 - 8.4)
- Kerawanan Sedang (8.4 - 10.6)
- Kerawanan Tinggi (10.6 - 12.8)
- Kerawanan Sangat Tinggi (12.8 - 15)

Sumber: Hasil Klasifikasi

Dibuat Oleh :
Citra Prastika 3513100048
Tanggal Pembuatan :
14 Juli 2017



DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

Sumber Data :

Peta RBI 1:25.000

Citra Landsat Path 119 Row 65 Tanggal 13 Oktober 2015

Hasil klasifikasi mengacu pada Sugianti (2014) & Permen PU No.22 Tahun 2007